



**Universidade de Aveiro** Departamento de Ambiente e Ordenamento  
2009

**Maria da Luz Bandeira    Estudo da localização do corredor de acesso à zona**  
**Rodrigues Fernandes    piloto de energia das ondas**



**Maria da Luz Bandeira Rodrigues Fernandes    Estudo da localização do corredor de acesso à zona piloto de energia das ondas**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica da Doutora Maria de Fátima Lopes Alves, Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro e do Doutor Carlos Daniel Borges Coelho, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

## **o júri**

Presidente

**António José Barbosa Samagaio**

Professor Associado do Departamento de Ambiente e Ordenamento  
da Universidade de Aveiro

Vogais

**Maria de Fátima Lopes Alves**

Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Ambiente e  
Ordenamento da Universidade de Aveiro

**Carlos Daniel Borges Coelho**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade de Aveiro

**Helena Gregório Pina Calado**

Professora Auxiliar, Universidade dos Açores

## **agradecimentos**

Agradeço, em primeiro lugar aos meus orientadores. Professora Fátima Alves e Professor Carlos Coelho pelos conhecimentos, orientações e rigor científico que me inculcaram. Pelas constantes revisões de texto, disponibilidade, incentivo, paciência e dúvidas de última hora. Muito obrigada.

Ainda um agradecimento especial à Professora Fátima Alves por ter aceitado este desafio, pelo apoio, entusiasmo contagiante e essencialmente pela amizade.

Agradeço ao João Vasco a disponibilidade e colaboração na elaboração dos mapas que integram este trabalho. Agradeço também o acolhimento amigável proporcionado, não só ao João, mas também à Lisa e aos restantes elementos do grupo de trabalho.

À minha família e aos meus amigos, pelo constante apoio, incentivo, carinho e paciência. Por tudo, obrigada.

Termino com um agradecimento mais formal ao INAG IP, que permitiu a utilização de alguns dados da Base de Dados Cartográfica do POEM (em elaboração), de acordo com o Protocolo existente entre este Instituto e a Universidade de Aveiro.

## **palavras-chave**

Energia das ondas, Localização, Avaliação de conflitos, Sistemas de Informação Geográfica, Cenários

## **resumo**

Face à crise energética mundial que se tem vivido nos últimos anos, com a oscilação dos preços dos combustíveis fósseis, numa economia e numa sociedade fundada sob a constante necessidade de energia, é urgente diversificar as suas formas de obtenção. A União Europeia, ciente desta problemática, criou a directiva nº 2001/77/CE, de 27 de Setembro, que apoia e incentiva a utilização das energias renováveis.

A nível nacional, e com a mesma finalidade, foram lançadas a Estratégia Nacional para a Energia, e a Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável. Do vasto quadro legal de incentivo e apoio às energias renováveis faz parte a criação de uma zona piloto para o aproveitamento da energia das ondas, concretizado no Decreto-Lei nº5/2008, de 8 de Janeiro. Para a materialização da zona piloto é urgente a definição da localização do corredor de acesso para a ligação à rede de distribuição.

Dado que a energia das ondas se encontra ainda numa fase muito incipiente de desenvolvimento, existe uma grande variedade de estruturas e de formas de aproveitamento de energia. É assim necessário, definir igualmente a melhor configuração de ligação à rede eléctrica, face à diversidade de infra-estruturas possíveis.

A utilização dos Sistemas de Informação Geográfica e de cartografia temática permitiram a visualização do local e dos possíveis conflitos decorrentes da implantação da estrutura. Esta dissertação apresenta os resultados da análise efectuada às possíveis alternativas do corredor de acesso para a zona piloto. Da investigação surgiu a indicação do melhor local e configuração para esta infra-estrutura.

**keywords**

Wave energy, Localization, Evaluation of conflicts, Geographic Information System, Scenarios

**abstract**

Due to the world energy crisis that has been experienced in recent years, with fluctuations in the price of fossil fuels in an economy and a society founded on the continual need for energy, it is an urgent need to diversify the forms of energy production. The European Union aware of this problem created the Directive No. 2001/77/EC that supports and encourages the use of renewable energy.

At a national level, and with the same purpose were released the *Estratégia Nacional para a Energia* and the *Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável*. From the broad legal framework of incentives and support for renewable energy development, makes part the creation of a pilot zone for the conversion of Wave Energy, implemented by Decree-Law No. 5 / 2008. For the materialization of the pilot zone is urgent to define the location of the access corridor to connect to the distribution network.

Since the wave energy is still at a very early stage of development, there is a wide variety of structures and forms of energy conversion. Therefore, it is also necessary to define the best configuration for connection to the network, given the diversity of possible structures.

The use of GIS and thematic mapping allowed the visualization of the site and possible conflicts arising from the implementation of the structure. This dissertation presents the results of the analysis of possible alternative access corridor to the pilot zone. Research appeared to indicate the best location and configuration for this infrastructure.



## Índice

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento do Tema.....	1
1.2	Objectivos .....	2
1.3	Metodologia .....	3
1.4	Organização da dissertação.....	3
<b>2</b>	<b>Enquadramento: Energia das Ondas.....</b>	<b>5</b>
2.1	Políticas energéticas .....	5
2.2	Energia das ondas .....	8
2.2.1	Recurso Energético.....	8
2.2.2	Tecnologias.....	11
2.2.2.1	Dispositivos costeiros.....	13
2.2.2.2	Dispositivos próximos da costa.....	14
2.2.2.3	Dispositivos Afastados da Costa.....	15
2.2.3	Cabos Submarinos .....	16
2.2.4	Infra-estruturas europeias de testes às tecnologias .....	17
2.2.4.1	The European Marine Energy Centre – EMEC.....	17
2.2.4.2	Galway Bay Wave Energy Test Site.....	20
2.2.4.3	Nissum Bredning Wave Energy Test Site .....	20
2.2.4.4	Wave Hub .....	21
2.2.4.5	Zona piloto.....	23
2.2.5	Impactes .....	24
2.2.5.1	Impactes no ecossistema.....	24
2.2.5.2	Pescas e Navegação.....	28
2.2.5.3	Impactes visuais .....	29
2.2.5.4	Ruído e vibrações .....	29
2.2.5.5	Contaminação Química.....	30
2.2.5.6	Campos electromagnéticos .....	31
2.2.5.7	Diminuição da energia e processos costeiros .....	32

---



<b>3</b>	<b>Caracterização do Projecto .....</b>	<b>33</b>
3.1	Descrição ambiental da zona piloto .....	33
3.1.1	Ordenamento do Litoral .....	34
3.1.2	Infra-estruturas de apoio.....	35
3.1.3	Geologia .....	36
3.1.4	Zona Costeira .....	38
3.1.4.1	Caracterização do litoral .....	38
3.1.4.2	Erosão e obras de protecção costeira.....	40
3.1.5	Características climatológicas .....	42
3.1.5.1	Características meteorológicas .....	42
3.1.6	Usos económicos e outras condicionantes.....	45
3.1.7	Ecologia .....	47
3.2	Caracterização da infra-estrutura a instalar .....	50
<b>4</b>	<b>Definição da localização do corredor de acesso.....</b>	<b>53</b>
4.1	Metodologia utilizada.....	53
4.2	Identificação de conflitos .....	55
4.3	Análise de conflitos.....	64
4.4	Definição da infra-estrutura.....	68
<b>5</b>	<b>Conclusões e Recomendações gerais .....</b>	<b>75</b>
	<b>Bibliografia de Referência .....</b>	<b>79</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>84</b>
	 Anexo A   Actividades de prospecção de petróleo na costa portuguesa	
	 Anexo B   Matriz das variáveis em conflito	

---





## Índice de Figuras

Figura 2.1   Representação do <i>fetch</i> sobre a água e geração de ondas (Adaptado de EPRI, 2005) .....	9
Figura 2.2   Movimento das partículas em diferentes profundidades (Adaptado de EPRI, 2005) .....	9
Figura 2.3   Distribuição do potencial mundial das ondas em kW/m de frente de onda (CRES, 2002) .....	11
Figura 2.4   Tipos de dispositivos .....	13
Figura 2.5   Cabo submarino para transporte de energia (Adaptado de Holden, 2009) ...	16
Figura 2.6   Zona de testes de ondas e esquema do caminho dos cabos submarinos (EMEC, 2009) .....	18
Figura 2.7   Fotografia do cabo e respectiva protecção (EMEC, 2009) .....	18
Figura 2.8   Localização da zona de testes para as marés e percurso dos cabos submarinos (Aurora, 2005) .....	19
Figura 2.9   Exemplificação da colocação do colchão de betão armado no cabo (Aurora, 2005) .....	20
Figura 2.10   Imagem esquemática do Wave Hub (Halcrow, 2005) .....	21
Figura 2.11   Imagem esquemática de um PCU (esquerda) e de um TDU (direita) (Halcrow, 2005) .....	22
Figura 3.1   Rede de distribuição de média e alta tensão (EDP, 2005) .....	35
Figura 3.2   Carta batimétrica de pormenor do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Guerreiro et al, 2006).....	37
Figura 3.3   Rosa de rumos com a representação das classes de direcção de ondulação (dados do IH para a bóia de Leixões, recolhidos entre 1993 e 2003; Adaptado de Coelho, 2005) .....	45
Figura 3.4   Delimitação IBA da Figueira da Foz (SPEA, 2008).....	48
Figura 3.5   Espécies mais capturadas na zona centro e norte com base na proporção das capturas em peso (adaptado de Afonso-Dias, 2007) .....	49



Figura 3.6   Esquema do Wave Hub (Adaptado de Halcrow, 2005) .....	51
Figura 3.7   Representação esquemática do transporte de energia no EMEC (Adaptado de Halcrow, 2005) .....	52
Figura 4.1   Enquadramento da zona piloto .....	55
Figura 4.2   Conflitos de uso com a conservação da natureza .....	56
Figura 4.3   Densidade de Sardinha .....	57
Figura 4.4   Densidade Cavala .....	58
Figura 4.5   Tipo de pesca .....	59
Figura 4.6   <i>Pipelines</i> , Defesa Costeira e Áreas de exercícios militares .....	60
Figura 4.7   Regatas, áreas de acesso aos portos, jurisdições portuárias, fundeadouros, manobras de dragas .....	61
Figura 4.8   Parques eólicos offshore 1 <sup>a</sup> e 2 <sup>a</sup> fase.....	62
Figura 4.9   Prospeção Petrolífera .....	63
Figura 4.10   Conflitos de uso com a zona piloto .....	64
Figura 4.11   Matriz de conflitos com outros usos energéticos.....	66
Figura 4.12   Matriz de conflitos com a ecologia e defesa costeira .....	66
Figura 4.13   Matriz de conflitos com as actividades pesqueiras .....	67
Figura 4.14   Matriz de conflitos – síntese.....	67
Figura 4.15   Localização esquemática dos corredores criados.....	69
Figura 4.16   Esquema da infra-estrutura semelhante ao Wave Hub.....	72
Figura 4.17   Esquema da infra-estrutura semelhante ao EMEC.....	73

---



## Índice de Tabelas

Tabela 3.1   Lista de Intervenções realizadas entre 1995 e 2006 para o troço Figueira da Foz – Nazaré (INAG, 2009).....	40
Tabela 3.2   Regimes de acesso à ZP e potências máximas de ligação .....	50
Tabela 3.3   Orçamentos de referência para o cabo submarino (Halcrow, 2005).....	52
Tabela 4.1   Síntese dos parâmetros em conflito e respectivo grau de significância.....	65
Tabela 4.2   Comparação de distâncias para os cenários .....	69
Tabela 4.3   Orçamentos para o cenário 2.....	72
Tabela 4.4   Área afectada pelo cabo submarino nas duas configurações possíveis .....	74



## Lista de Acrónimos

ARH	Administração da Região Hidrográfica
CAO	Coluna de Água Oscilante
CCDR	Comissão de Coordenação do Desenvolvimento Regional
COWRIE	Collaborative Offshore Wind Research Into the Environment
CSC	Connecticut Siting Council
EMEC	European Marine Energy Centre
ENDS	Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável
EPR	Borracha de Etileno-Propileno ( <i>Ethylene Propylene Rubber</i> )
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FER	Fontes de Energia Renováveis
GEE	Gases Efeito Estufa
IH	Instituto Hidrográfico
INAG	Instituto da Água, IP
IPCC	Painel Intergovernamental para as alterações climáticas
IUCN	International Union for Conservation of Nature
MIBA	<i>Marine Important Bird Area</i>
OPD	Ocean Power Delivery
PCU	<i>Power Converter Units</i>
POOC	Plano de Ordenamento da Orla Costeira
Ren	Rede eléctrica nacional



REN	Reserva Ecológica Nacional
ROV	Remotely Operated Vehicle
SETPlan	Plano Estratégico Europeu para as Tecnologias Energéticas (Strategic Energie Technology Plan)
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SWRDA	South West of England Regional Development Agency
TBT	Tributil-Estanho
TDU	<i>Termination and Distribution Unit</i>
UE	União Europeia
UPS	Fonte de alimentação ininterrupta ( <i>Uninterruptible Power Supply</i> )
WavEC	Wave Energy Centre
WEC	<i>Wave energy converter</i> (conversor de energia das ondas)
XLPE	Propileno Reticulado
ZEE	Zona Económica Exclusiva
ZP	Zona piloto



## 1 Introdução

### 1.1 Enquadramento do Tema

Segundo o livro verde “Para uma estratégia europeia de segurança do aprovisionamento energético”, a dependência energética da União Europeia (UE), poderá nos próximos 20 ou 30 anos atingir os 70%. Numa sociedade baseada nos produtos energéticos, para o bom funcionamento da economia e para o bem-estar dos cidadãos, estes devem estar disponíveis física e continuamente a um preço acessível à generalidade dos consumidores, respeitando as preocupações ambientais e a perspectiva de desenvolvimento sustentável (EC, 2001).

Com base nestes pressupostos, é essencial alterar a forma de pensar a energia: aumentar a produção energética dos mercados europeus promovendo as suas formas alternativas de produção. Pouco depois do lançamento do Livro Verde, a União Europeia aprovou a Directiva nº 2001/77/CE de 27 de Setembro, que veio consagrar a prioridade dada ao aumento da contribuição das fontes renováveis.

No panorama nacional foi aprovada em 2005 a Estratégia Nacional para a Energia (Resolução do Conselho de Ministros nº169/2005, de 24 de Outubro) e em 2007 a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável – ENDS (Resolução do Conselho de Ministros nº109/2007, de 20 de Agosto). A Estratégia Nacional para a Energia apresenta como principal objectivo *“Garantir a segurança do abastecimento de energia através da*

---



*diversificação dos recursos primários e dos serviços energéticos e da promoção da eficiência energética na cadeia da oferta e da procura de energia,”*. No seguimento deste objectivo, a estratégia apresenta o compromisso de produzir em 2010, 39% da sua electricidade final com origem em fontes de energia renovável.

Para responder a este desafio Portugal conta não só com a energia hídrica, eólica, biomassa, ou solar, mas também com a energia dos oceanos. A energia presente nas ondas é um recurso energético muito pouco aproveitado actualmente, pelo que o governo português aprovou recentemente o Decreto-Lei nº 5/2008, de 8 de Janeiro, com o intuito de criar uma zona piloto para o aproveitamento da energia das ondas em Portugal. Com este novo diploma legal os tecnólogos dispõem de um local para demonstrar e validar as suas tecnologias e os promotores podem instalar os seus parques de ondas, comercializando a energia eléctrica produzida.

Neste âmbito, um dos pontos essenciais para a realização deste projecto é a definição da localização do corredor de acesso para colocação do cabo submarino que permitirá que a energia produzida em alto mar seja direccionada à rede de distribuição terrestre. Sem a definição deste corredor é extremamente difícil tornar a zona piloto uma realidade.

## 1.2 Objectivos

Esta dissertação tem como objectivo estudar a melhor localização de acesso à zona piloto para aproveitamento de energia das ondas, utilizando para o efeito as ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Como objectivos específicos pretende-se:

- Caracterizar a zona de estudo.
- Identificar as principais condicionantes para a instalação do corredor de acesso.
- Definir os cenários possíveis.
- Identificar e avaliar os impactes decorrentes da implantação da infra-estrutura.
- Seleccionar o melhor trajecto para a implementação do corredor de acesso.



### **1.3 Metodologia**

A metodologia utilizada para atingir os objectivos propostos apresenta-se seguidamente, em vários passos:

- Pesquisa e análise bibliográfica, contemplando a recolha de cartografia da zona;
- Elaboração de uma base de dados, em SIG, decorrente da informação cartográfica recolhida;
- Utilização da ferramenta SIG para análise das principais condicionantes ao projecto e caracterização da área;
- Previsão dos impactes possíveis, de acordo com a informação recolhida;
- Análise e avaliação dos vários cenários possíveis;

### **1.4 Organização da dissertação**

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos:

O primeiro capítulo destina-se à apresentação do tema, dos principais objectivos e da metodologia adoptada.

O segundo capítulo destina-se à apresentação da problemática energética a nível europeu e nacional, ao suporte teórico relativo à energia das ondas e aos parques de ondas existentes a nível europeu. É ainda realizada uma breve aproximação aos impactes ambientais decorrentes da instalação de equipamentos de aproveitamento de energia das ondas dos cabos submarinos para transporte de energia.

O terceiro capítulo contém uma caracterização biofísica e socioeconómica da área de estudo e apresenta também uma caracterização da infra-estrutura que se pretende instalar.

No quarto capítulo realiza-se, com apoio dos Sistema de Informação Geográfica, a identificação das utilizações que poderão gerar conflitos com a implementação do corredor de acesso. São também definidos os graus de significância associados a cada





conflito e atribuídas ponderações aos mesmos. Finalmente, e com base na análise de conflitos realizada, são definidos e discutidos os cenários geográficos e as configurações possíveis para a localização do corredor de acesso.

O quinto capítulo apresenta as conclusões e as considerações finais da dissertação e, ainda, algumas recomendações.



## **2 Enquadramento: Energia das Ondas**

### **2.1 Políticas energéticas**

De todos os sectores do sistema económico, o que merece actualmente as maiores atenções é sem dúvida o sector energético. Com a oscilação dos preços do petróleo, os países, principalmente os importadores, têm sentido a urgência de tomar medidas que diminuam os custos crescentes da sua importação. Há outros factores que urgem a tomada de medidas, sendo de todos o mais preocupante a ameaça das alterações climáticas, causada ao longo dos anos pelas acções humanas que provocaram o aumento dos gases de efeito estufa (GEE). É crucial uma mudança na forma de pensar a energia, no abastecimento e no seu consumo.

As previsões de crescimento económico a nível global, apresentam valores quatro vezes superiores aos actuais para 2050 e para países em desenvolvimento como a China e a Índia, as mesmas previsões sobem para 10 vezes mais. Associado ao crescimento económico também as necessidades energéticas tendem a aumentar. As previsões da publicação Energy Technologies Perspectives (ETP, 2008) referem um aumento de 70% até 2050, num cenário de referência, isto é sem alterações nas políticas energéticas actuais. Dado que o petróleo contribui em cerca de 80% para suprir as necessidades energéticas mundiais (ETP, 2008), é natural que também o CO<sub>2</sub> continue a aumentar. No mesmo cenário de referência, sem alterações políticas ou restrições no abastecimento, as



perspectivas apontam para uma subida de 130% no aumento das emissões de CO<sub>2</sub>. De acordo com o Painel Intergovernamental para as alterações climáticas (IPCC), um crescimento das emissões de CO<sub>2</sub> de tal magnitude poderia aumentar a média das temperaturas mundiais em 6°C ou mais (EREC, 2008).

A este panorama podem ser adicionadas as evidências demonstradas no último relatório do IPCC, datado de 2007. Neste, refere-se pela primeira vez um consenso na comunidade científica em como as alterações climáticas estão a acontecer e são, em grande parte causadas pelas actividades humanas (como a queima de combustíveis fósseis). O relatório mostra ainda evidências claras em como a acção governamental deve ser imediata (IPCC, 2007).

Reconhecendo todas estas ameaças, já no início da década de noventa, os signatários da Conferência de 1992 das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, acordaram entre si o Protocolo de Quioto. O protocolo impõe metas ambiciosas de redução de emissões. Discutido e negociado em 1997, no Japão, só dois anos depois foi ratificado, e apenas em 2005 entrou em vigor. Neste tratado, pedia-se aos países que reduzissem 5,2% dos gases de efeito estufa, em relação aos valores de 1990. A UE compromete-se a reduzir as emissões de GEE em 8%, face aos valores de 1990, no período 2008–2012. Portugal, neste cenário, comprometeu-se a limitar o aumento dos GEE a 27% entre 2008 a 2012, relativamente aos valores de 1990 (EREC, 2008).

Actualmente os países signatários já estão a negociar novas metas para o período pós-Quito, de 2013 a 2017, o denominado Plano de acção de Bali. Para este plano, a Greenpeace pede aos países industrializados que reduzam as suas emissões em 18%, em relação aos níveis de 1990. Só assim, segundo a organização, é possível limitar o aumento da temperatura aos 2°C, considerados aceitáveis (EREC, 2008).

Face a este cenário, os países estão há vários anos a adoptar políticas para diminuição dos gases de efeito estufa. Um dos principais veículos para atingir este objectivo é a promoção das energias renováveis, através da implementação de metas de produção ou consumo de energia renovável e tarifas vantajosas para a sua produção (ETP, 2008).

A nível europeu foi criado um quadro legal para apoiar e incentivar a utilização das energias renováveis. A Directiva nº 2001/77/CE, de 27 de Setembro, veio confirmar a prioridade dada pela União Europeia ao aumento da contribuição das fontes renováveis para a produção de energia eléctrica.

---



No panorama nacional foi aprovada em 2005 a Estratégia Nacional para a Energia (Resolução do Conselho de Ministros nº169/2005, de 24 de Outubro) que apresenta como principal objectivo a segurança do abastecimento de energia através da promoção da eficiência energética e da diversificação dos recursos primários de produção de energia. Em 2007 a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável-ENDS (Resolução do Conselho de Ministros nº109/2007, de 30 de Junho) reforça esta ideia, apresentando como objectivos chave e desafios da ENDS as alterações climáticas e a energia limpa, a sustentabilidade nos transportes, no consumo e na produção da energia. No seguimento deste objectivo, a estratégia apresenta o compromisso de produzir em 2010, 39% da sua electricidade final com origem em fontes de energia renovável.

Para responder a este desafio Portugal conta com a energia hídrica, eólica, biomassa, ou solar, e também com a energia dos oceanos. Esta última encontra-se num estado precoce de desenvolvimento, tendo apenas em Setembro de 2008 sido lançado o primeiro parque pré-comercial de energia das ondas, a nível mundial, precisamente em Portugal, na Póvoa do Varzim. As projecções sobre o potencial da energia das ondas são variadas, ainda assim, as previsões que constam no Plano Estratégico Europeu para as Tecnologias Energéticas (Eu-SetPlan) referem um potencial de 15-240 TWh/ano e uma capacidade instalada de 10GW em 2020 (NEEDS, 2008).

O aproveitamento da energia das ondas é, há largos anos, investigado no nosso país. Este facto, associado às boas condições energéticas (recurso energético médio-alto na costa atlântica) – com um potencial de utilização para a produção de energia eléctrica de aproximadamente 20% do consumo nacional de energia eléctrica estimado pela ERSE para 2010 (WavEC, 2004) – e às boas infra-estruturas existentes no litoral para receber a energia produzida, coloca Portugal em excelente posição para apostar nesta energia.

Tendo em conta todo este panorama, em 2008 foi aprovado o Decreto-Lei n.º 5/2008, de 8 de Janeiro, que cria uma zona específica para o aproveitamento da energia a partir das ondas marítimas, a zona piloto, onde se pretende que o licenciamento e o tarifário sejam facilitados. A zona piloto encontra-se situada a norte de São Pedro de Moel e a concessão para a sua entidade gestora foi recentemente atribuída à Rede Eléctrica Nacional (Ren).



## 2.2 Energia das ondas

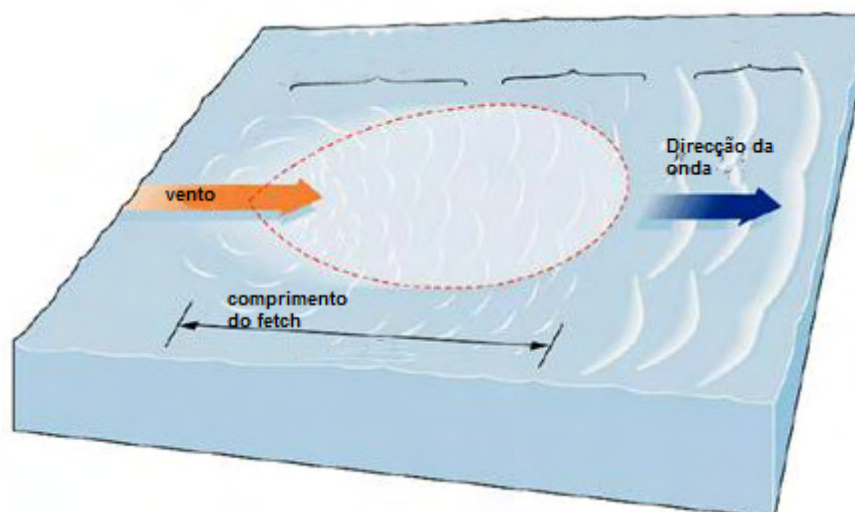
### 2.2.1 Recurso Energético

Nos oceanos existe um grande potencial energético, ainda pouco explorado. Actualmente estão classificadas algumas formas de aproveitamento da energia oceânica, de acordo com a origem dessa mesma energia. Aquelas que têm sofrido mais desenvolvimento além da energia das ondas são, a energia das marés, a energia térmica dos oceanos e a energia das correntes marítimas.

A energia das marés é resultante da interacção entre campos gravitacionais da lua e do sol. Esta foi das primeiras energias oceânicas a obter alguma maturidade, provavelmente devido à sua similaridade com as centrais hidroeléctricas comuns. A energia térmica dos oceanos é fruto da radiação solar incidente. A energia das correntes marítimas resulta dos gradientes de temperatura e salinidade e da acção das marés (Pontes et al., 2001).

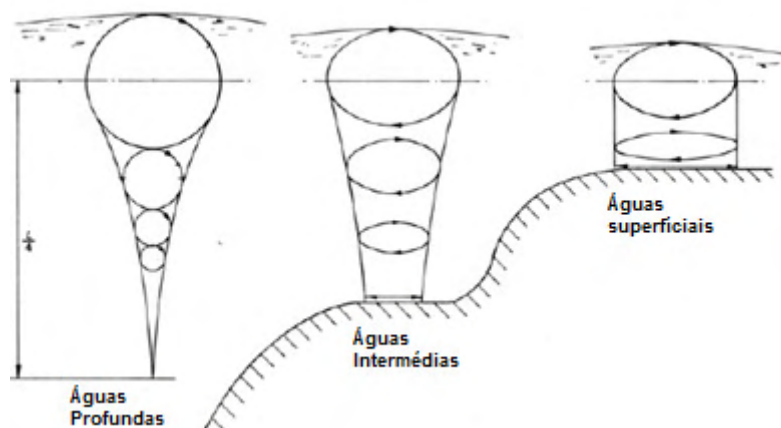
De todas as formas de captação de energia oceânica, a energia das ondas é a que apresenta o maior potencial global. Outras formas referidas anteriormente, como a energia térmica dos oceanos e a energia das correntes marítimas não sofreram grandes desenvolvimentos (IEA-OES, 2006). A energia das marés e a energia das ondas são assim as que apresentam um maior desenvolvimento e variabilidade nas tecnologias e conceitos existentes.

A energia das ondas é uma derivação da energia eólica, dado que as ondas do mar são geradas pela influência do vento, quando este sopra ao longo de grandes superfícies oceânicas (Figura 2.1). A quantidade de energia transferida para a superfície do oceano, e consequentemente a altura e o comprimento da onda resultante é dependente de 3 características do vento, a sua velocidade, o intervalo de tempo em que soprou, e a distância percorrida (*fetch*) (Pontes et al., 2001).



**Figura 2.1 | Representação do *fetch* sobre a água e geração de ondas (Adaptado de EPRI, 2005)**

De acordo com a movimentação do vento, as partículas na água adoptam um movimento orbital, em que na superfície, esta orbital apresenta a mesma dimensão que a altura da onda, mas que, à medida que a profundidade da coluna de água aumenta, as orbitais realizadas pelas partículas vão diminuindo (Figura 2.2). De tal forma que, 95 % da energia das ondas encontra-se armazenada entre a superfície e uma profundidade igual a um quarto do comprimento da onda (EPRI, 2005).



**Figura 2.2 | Movimento das partículas em diferentes profundidades (Adaptado de EPRI, 2005)**

Duas formas de energia estão associadas aos movimentos das partículas nas ondas, a energia cinética e a energia potencial. Como referido anteriormente, as partículas seguem um percurso circular ou elíptico ao qual está associado a energia cinética. À elevação da partícula de água está associada a energia potencial. Em média, a energia cinética numa onda linear é igual à energia potencial (EPRI, 2005).

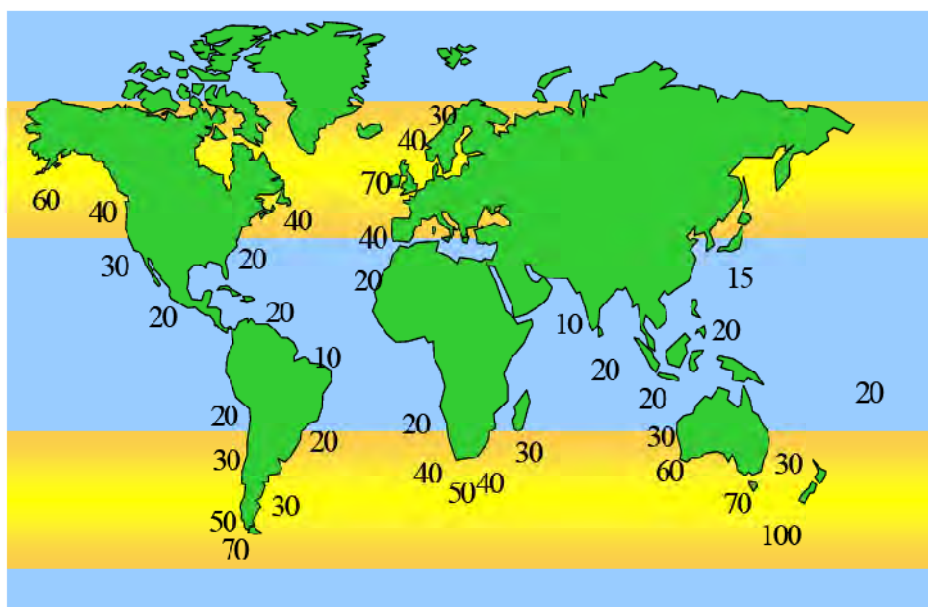


Ondas criadas em águas profundas podem percorrer milhares de quilómetros, até atingirem as margens da plataforma continental, sem que a sua energia seja significativamente dissipada. Mais próximo de terra, em águas pouco profundas (i.e. quando a profundidade é igual ou inferior a metade do comprimento da onda) e devido à influência do fundo do mar, a energia contida nas ondas vai diminuindo até encontrar a costa. Junto à costa as ondas podem ser modificadas por várias formas, provocando alterações na:

- Direcção – devido à refacção e à difracção. Ao aproximarem-se da costa, as ondas dependem da topografia do fundo. Ao propagarem-se em águas pouco profundas as ondas vão alterando a sua direcção por forma a adaptarem-se aos contornos do fundo e da linha de costa. Assim, em fundos onde a batimetria apresenta uma formação convexa como pontões, cabos ou promontórios a energia é concentrada nesses pontos (“*hot spots*”). O efeito oposto, a divergência da energia, ocorre sobre um fundo côncavo, associado a baías.
- Potência – perdas de energia devido à fricção com o fundo e ao quebrar das ondas. Em águas pouco profundas a fricção das partículas de água com o fundo do mar provocam perdas de energia, que são directamente proporcionais à espessura da plataforma continental e da rugosidade e declive do solo (Pontes et al., 2001).

O fluxo de energia numa onda é proporcional ao quadrado da amplitude e ao período do movimento e representa-se em kW por metro de frente de onda (kW/m). Médias anuais variam entre os 10 e os 100 kW/m dependendo da localização. Em comparação, as médias de vento anuais rondam os 800 W por metro quadrado de área varrida e as médias de energia solar apenas atingem os 300 W por metro quadrado (EPRI, 2005).

As melhores localizações de fluxos energéticos oceânicos são encontradas entre as latitudes 30° e 60°, nos dois hemisférios (Figura 2.3). Ao longo da costa oeste europeia, no Canadá e nos Estados Unidos, assim como nas costas sul da Austrália e da América do Sul, podem ser encontrados bons recursos energéticos. A costa oeste da Europa apresenta boas condições energéticas por estar localizada no final de um grande *fetch*, que percorre todo o atlântico (CRES, 2002).



**Figura 2.3 | Distribuição do potencial mundial das ondas em kW/m de frente de onda (CRES, 2002)**

A nível mundial o recurso energético encontra-se estimado em 2TW, sendo equiparável à potência eléctrica média anual consumida mundialmente. Estima-se que 16 % deste recurso se encontre nas ondas da Europa contabilizado em 320 GW (Pontes et al., 2001). Na faixa costeira de Portugal continental encontram-se disponíveis 15 GW, e nos arquipélagos dos Açores e da Madeira o recurso está estimado em 6 GW, perfazendo assim um total de 21 GW para Portugal (Sarmento et al., 2004).

A energia das ondas é assim um valioso recurso em países com grandes faixas costeiras. Assim, após o choque petrolífero de 1973, muitos dos países que satisfaziam esta premissa e que importavam grande parte das suas necessidades energéticas, incluíram nos seus programas de investigação a energia das ondas. Dos melhores exemplos deste caso são o Reino Unido, Noruega, Dinamarca, Suécia, e Portugal, os Estados Unidos, a China, o Japão e a Índia (Sarmento et al., 2004).

### 2.2.2 Tecnologias

Como referido, foi a partir da década de 70 que a energia das ondas foi incluída nos programas de investigação dos países mencionados. No caso do Reino Unido, o trabalho realizado por Salter permitiu a criação de várias propostas para produção de energia das ondas, dando assim ênfase a esta temática e culminando num ambicioso programa de



instalação de centrais num total de 2 GW. A impossibilidade da realização deste programa levou ao abandono destes apoios governamentais na década seguinte (Sarmento et al., 2004).

Outros países tiveram programas de investigação nas décadas que se seguiram, salientando-se o Japão e a Noruega, com abordagens ao conceito de Coluna de Água Oscilante (CAO), que não obtiveram contudo os rendimentos energéticos expectáveis. Apoios da União Europeia a partir do início da década de 90 permitiram a criação de um Atlas Europeu do recurso energético das ondas (*“Atlas of a Wave energy Resource in Europe”*) e a construção de duas centrais de CAO, uma na ilha do Pico e outra na Ilha de Islay, na Escócia. Em 2004, a Comissão Europeia financiou a construção e os testes de um modelo Wavedragon 1:4 (Sarmento et al., 2004).

Com o final da década de 90, o interesse pela energia das ondas estendeu-se às empresas, um forte indicativo da evolução das tecnologias e uma motivação para a aposta nesta fonte de energia (Sarmento et al., 2004).

Em Portugal, mais concretamente, a actividade associada à energia das ondas iniciou-se no Instituto Superior Técnico (IST), em 1978 (Sarmento et al., 2004), com o estudo, investigação e desenvolvimento de um invento português semelhante a um CAO. Posteriormente entre 1998 e 2000, foi construída uma Central de Coluna de Água Oscilante na ilha do Pico, como já referido. A experiência adquirida nos sectores científicos em Portugal culminou em 2003 com a criação de um Centro de Energia das Ondas – *Wave Energy Centre*.

As várias tecnologias que estão actualmente em desenvolvimento e a extensa variedade de conceitos de extracção de energia das ondas (existem mais de 1000 técnicas de conversão de energia das ondas patenteadas em todo o mundo) permitem inferir que a melhor tecnologia de aproveitamento da energia das ondas ainda não foi identificada. Algumas tecnologias estão agora a iniciar a fase de viabilidade comercial (Pontes et al., 2001).

Dada a variabilidade de técnicas empregues no aproveitamento de energia, torna-se difícil encontrar um denominador comum para a sua classificação. Assim, um dos métodos mais intuitivos e comuns usados para classificação dos dispositivos é a sua localização face à costa (Figura 2.4)

---



Figura 2.4 | Tipos de dispositivos

A principal diferença entre as três denominações resulta das profundidades de instalação dos dispositivos. É importante notar que mais do que a distância implícita nesta definição, a profundidade a que os dispositivos se encontram é preponderante, pois, regimes de ondas a 50 m de profundidade são mais energéticos que os de 20 m de profundidade (Sarmiento et al., 2004).

#### 2.2.2.1 Dispositivos costeiros

Os dispositivos costeiros são, como o próprio nome indica, dispositivos localizados na orla costeira, podendo ser construídos de raiz ou apenas fixos ao local. Estes dispositivos apresentam grandes vantagens a nível de instalação e manutenção, não necessitam de grandes extensões de cabos ou sistemas de amarração complexos. Contudo, estão sujeitos a regime energéticos mais fracos, o que pode ser colmatado com a escolha de locais onde se dá uma concentração natural de energia (*hot spots*). A escolha destes

locais está também limitada pela sua geologia, pela preservação da natureza ou pelas marés. A este grupo pertencem os dispositivos de coluna de água oscilante, considerados dispositivos de primeira geração (Thorpe, 1999). Esta tecnologia tem sido utilizada um pouco por todo o mundo, tendo-se registado dispositivos instalados na Índia, Japão, Noruega, China, Portugal ou Escócia (The Carbon Trust, 2005).

A coluna de água oscilante consiste numa estrutura fixa, parcialmente submersa, aberta ao mar abaixo da linha de água. Quando uma onda entra na estrutura (câmara de ar) o ar que se encontrava nesta é forçado a sair, passando por uma turbina Wells. Quando a onda reverte o seu sentido o fluxo de ar passa novamente na turbina, desta vez no sentido inverso, pois a diferença de pressões altera-se (passa a ser inferior na “câmara de ar”). A turbina Wells deve o seu nome ao seu inventor, o Prof. Alan Wells e é uma turbina bidireccional, capaz de aproveitar o fluxo de ar nos dois sentidos, mantendo o sentido de rotação (Sarmiento et al., 2004).

Dois exemplos de aplicação dessa tecnologia podem ser encontrados no continente europeu, nomeadamente a central piloto do Pico e a central de Limpet, na Escócia.

#### **2.2.2.2 Dispositivos próximos da costa**

Os dispositivos próximos da costa, ou *nearshore* são instalados a profundidades moderadas, 20–30 m de profundidade, até à distância de 500 m da costa. São exemplos destes sistemas, os equipamentos de CAO que se encontram associados a quebra-mares, como o caso da foz do Douro, dado que estas estruturas não representam linhas de costas naturais (Sarmiento et al., 2004).

A Oceanlinkx desenvolveu uma central CAO com uma parede parabólica que permite aumentar a energia proveniente das ondas. Actualmente a empresa apresenta vários projectos, ainda em fase de desenvolvimento, sendo Port Kembla, na Austrália, o único já em exploração contando com um protótipo com potência instalada de 450 KW (Oceanlinkx, 2009).

Outro dos dispositivos em desenvolvimento é o WaveRoller (Figura 2.4), desenvolvido pela empresa AW-Energy. Actualmente o equipamento está a ser testado em Portugal, na Praia da Almagreira, em Peniche, graças ao consórcio criado com a empresa portuguesa Eneólica. O dispositivo é composto por uma base de apoio e por uma pá. A base de apoio é de betão e está ancorada ao fundo do mar. A pá vertical realiza um movimento pendular



com a passagem da ondulação. A energia cinética criada neste movimento é convertida em electricidade através de um êmbolo hidráulico. Os movimentos do êmbolo criam um fluxo de óleo, que gera rotação num motor hidráulico, que por sua vez é convertida em electricidade através de um gerador (AW-Energy, 2009).

### 2.2.2.3 Dispositivos Afastados da Costa

Os dispositivos *offshore* exploram os regimes mais energéticos, característicos das zonas de maior profundidade ( $> 40$  m). Uma vez que as tecnologias associadas a este regime são mais recentes, estes dispositivos são usualmente denominados de terceira geração. Apesar de produzirem mais energia, estão sujeitos a condições mais adversas, necessitando de sistemas de amarração mais complexos e longos cabos submarinos para o transporte de energia para terra. Exemplos destes dispositivos são o *Pelamis* e o *Wave Dragon* (Figura 2.4), ou o *Archimedes Wave Swing*.

O *Archimedes Wave Swing*, inicialmente desenvolvido pela *Teamwork Technology* em 1994, tendo depois sido transferido para a AWS Ocean Energy LTD, no Reino Unido é um dispositivo totalmente submerso. Foi testado em 2004, com um modelo 1:2 submerso no norte de Portugal, durante alguns meses. Apresentava um pontão fixo ao mar, uma solução que evoluiu para o equipamento flutuante que será fixo por cabos de amarração (Sarmiento et al., 2006).

A *Ocean Power Delivery* (OPD) desenvolveu um equipamento semi-submerso, de estrutura articulada composto por secções cilíndricas ligadas por juntas articuladas – *Pelamis*. É o movimento do mar nas juntas que é aproveitado pelos cilindros hidráulicos acoplados às juntas que permitem a pressurização do óleo para motores hidráulicos, que assim accionam geradores eléctricos para produzir energia.

Em 2004 um protótipo com 750 KW de potência foi instalado em Orkney no EMEC (*European Maritime Energy Centre*). Nos anos subsequentes a OPD acordou com uma empresa Portuguesa, a Enersis, para a entrega de 3 máquinas, para instalação próximo da Póvoa do Varzim (Sarmiento et al., 2006).

O *Wave Dragon*, desenvolvido pela empresa dinamarquesa, *Wave Dragon APS*, é um dispositivo de galgamento, que consiste em dois reflectores de ondas que direccionam as ondas para uma rampa, onde está um reservatório que armazena a água que galgou a rampa e também turbinas de baixa queda por onde a água é descarregada e assim

produzida energia eléctrica. O seu funcionamento é assim comparável a uma mini-hídrica flutuante, pois a forma de aproveitamento de energia é em tudo semelhante (Wave Dragon, 2009).

A central piloto construída à escala 1:4,5 foi a primeira a entregar energia à rede eléctrica, em Nissum Bredning, Dinamarca, em 2003. A central apresentava uma potência instalada de 20 kW, contudo um dispositivo à escala real pode apresentar 4 a 11 MW, consoante o clima de ondas a que está exposto (Sarmiento et al., 2004).

### 2.2.3 Cabos Submarinos

Actualmente os cabos submarinos para transporte de energia *offshore* são de média ou alta tensão, contendo geralmente 3 núcleos de condutores de cobre, armação em aço, incluindo também cabos de fibra óptica. Os isolamentos mais comuns são EPR (borracha de etileno-propileno) ou XLPE (polietileno reticulado). Um cabo submarino é composto de várias camadas de isolamento, como se nota na Figura 2.5. Como se vê, a armadura exterior é de metal seguindo-se uma protecção de PVC e posteriormente uma armadura interior de chumbo (Holden, 2009)

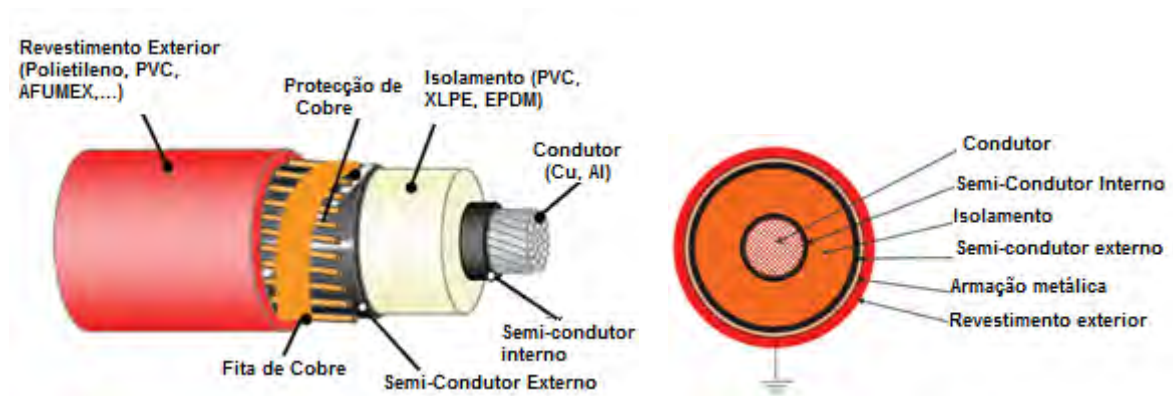


Figura 2.5 | Cabo submarino para transporte de energia (Adaptado de Holden, 2009)

Os diâmetros dos cabos submarinos podem variar entre os 75 mm e os 1200 mm, dependendo da tensão de transporte, do tipo de isolamento, e claro da funcionalidade dos mesmos (BERR, 2008).



Actualmente a forma mais comum para colocação de cabos submarinos, a salvo de âncoras de navios e de equipamentos de pesca de arrasto de fundo é a abertura de valas para enterramento dos cabos. Existem vários equipamentos criados para o efeito, utilizados de acordo com o tipo de solo, a profundidade de trabalho, e claro do comprimento do cabo a instalar. Um dos equipamentos mais usado é o *Remotely Operated Vehicle* (ROV) que no fundo do mar escava o solo e insere o cabo a alguma profundidade (BERR, 2008).

Existem também formas alternativas de protecção dos cabos que incluem a colocação de colchões de betão, colchões de folhagem, a cobertura do cabo com pedras, com sacos de areia ou com armações de metais. No caso das zonas intertidais sensíveis é usual realizar a perfuração direccionada, por forma a evitar a abertura de valas à superfícies e a consequente danificação do coberto vegetal (BERR, 2008).

#### **2.2.4 Infra-estruturas europeias de testes às tecnologias**

Com o desenvolvimento das tecnologias de aproveitamento de energia das ondas começam a surgir locais onde é possível realizar testes de desempenho. Usualmente estas iniciativas partem de institutos governamentais onde os promotores têm, em alguns casos, acesso à rede eléctrica, ou um licenciamento facilitado.

##### **2.2.4.1 The European Marine Energy Centre – EMEC**

O EMEC foi criado em Orkney, na Escócia, em 2004. Inicialmente permitia apenas testes a tecnologias de energia das ondas, tendo posteriormente, em 2007 expandido a zona de testes para permitir que tecnologias de marés também pudessem ser testadas. Num investimento de £15 milhões, disponibiliza ligação à rede eléctrica, com monitorização em tempo real aos equipamentos. Neste local os promotores podem testar os protótipos e efectuar ensaios em mar, avaliando as capacidades de conversão dos equipamentos, as suas performances estruturais e a sobrevivência. No EMEC, já foram testados, para a energia das ondas, os dispositivos Pelamis, OPT Powerbuoy, Oyster e o Waveroller (EMEC, 2009).

Ambos os locais de teste possuem quatro fundeadouros para colocação de dispositivos. O local de testes de energia das ondas denomina-se Billia Croo, encontrando-se voltado

---

para o Oceano Atlântico, recebendo ondas até 15 m de altura (Figura 2.6). O local de testes de energia das marés, encontra-se na ilha vizinha de Eday, na zona oeste, num local denominado de Fall of Warness, recebendo correntes fortes que alcançam os 4m/s nas marés vivas.



**Figura 2.6 | Zona de testes de ondas e esquema do caminho dos cabos submarinos (EMEC, 2009)**

Os cabos submarinos a utilizar são semelhantes para os dois locais de testes. São do tipo *wet-mate* de 6 mm com 3 núcleos de cobre cada um, de 11 kV e 120 mm<sup>2</sup>, com isolamento de EPR, apresentando uma potência de 5 MW, no caso dos cabos utilizados para as marés e de 2,2 MW nos cabos utilizados em Billia Croo. Ambos os cabos incluem um cabo de fibra óptica para as comunicações. O diâmetro do cabo é de 10 cm, perfazendo 20 cm com a protecção de aço galvanizado. Os cabos foram fabricados para o EMEC pela Pirelli (Figura 2.7).

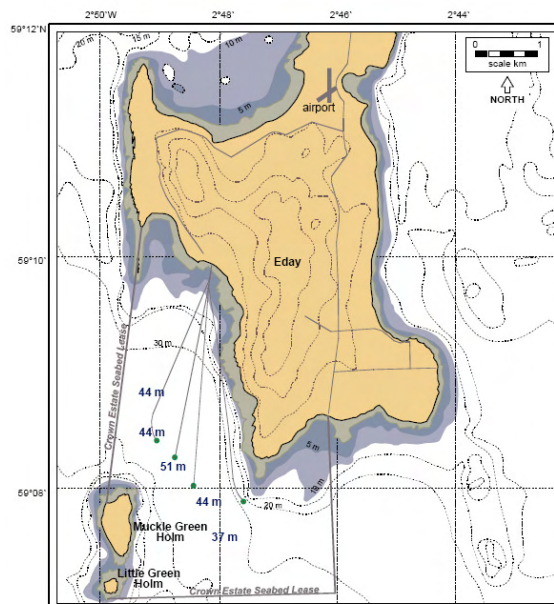


**Figura 2.7 | Fotografia do cabo e respectiva protecção (EMEC, 2009)**





Do *Environmental Statement* realizado ao local de testes para a energia das ondas – Billia Croo, pode-se ler que um cabo de aproximadamente 100 mm de diâmetro vai directamente do edifício do computador em Billia Croo, até cada um dos quatro locais de amarração dos dispositivos de energia das ondas (Carl Bro, 2002). Os cabos são enterrados num trecho de aproximadamente 1,5 m de largura desde terra até ao nível mais baixo da maré. Após este ponto, o cabo é pousado no fundo do mar. Na zona de praia e de rebentação, próximo da margem, os cabos apresentam uma protecção adicional de ferro fundido. Ao longo de todo o percurso, nos locais onde o cabo atravessa afloramentos rochosos tem também a mesma protecção de ferro fundido. Finalmente, próximo das amarrações dos dispositivos, a extremidade do cabo fica fixa no fundo graças a uma âncora de betão armado. No cabo eléctrico submarino está incorporado um cabo de comunicação de fibra óptica.



**Figura 2.8 | Localização da zona de testes para as marés e percurso dos cabos submarinos (Aurora, 2005)**

No local de testes de energia das marés (Figura 2.8), os cabos serão pousados no fundo do mar de acordo com a direcção da corrente. Na zona intertidal, os cabos terão também uma protecção de ferro fundido garantindo segurança e estabilidade.

Adicionalmente será colocado sobre o cabo um colchão de betão para protecção adicional e para minimizar o impacto visual (Figura 2.9). Dado que a protecção de areia superficial é bastante móvel graças às condições de agitação marítima da zona, é provável que a área de rocha visível varie bastante em função da variação do regime de maré. Correndo



próximo da zona de rebentação, o cabo pousado na superfície terá assim uma protecção adicional à acção das ondas e sua capacidade erosiva (Aurora, 2005).



**Figura 2.9 | Exemplificação da colocação do colchão de betão armado no cabo (Aurora, 2005)**

Acima das marcas de água o cabo será colocado numa vala a uma profundidade de 900 mm devidamente assinalado, até terminar no edifício de controlo.

O edifício de controlo de cada um dos locais, Billia Croo e Fall of Warness albergará comutadores de 11 kV, vários equipamentos eléctricos de aquisição de dados e UPS– *Uninterruptible power supply* (Fonte de alimentação ininterrupta), e um gerador (EMEC, 2009).

#### **2.2.4.2 Galway Bay Wave Energy Test Site**

Galway Bay foi desenvolvido pelo Marine Institute e o SEI – Sustainable Energy of Ireland. Esta zona de testes serve exclusivamente para testes a protótipos à escala (1/4). Entrou em funcionamento em 2004, apresentando uma área de 37 hectares, desenvolvendo-se entre os 21 e os 24 metros de profundidade. O local não dispõe de ligação à rede eléctrica (SEI, 2009). Apenas dois dispositivos foram testados no local, o Wavebob e o OE Buoy, duas bóias desenvolvidas também na Irlanda (SEI, 2009).

#### **2.2.4.3 Nisum Bredning Wave Energy Test Site**

Nisum Bredning, é um fiorde na Dinamarca, onde dois protótipos desenvolvidos na Dinamarca foram testados a partir de 2003 – WaveDragon e WaveStar. Apresenta ligação à rede eléctrica sendo comissionado pelo Nordic Folkecenter for Renewable Energy (Wave Dragon, 2009).



#### 2.2.4.4 Wave Hub

O Wave Hub é britânico, à semelhança do EMEC, e encontra-se ainda em fase de projecto. Previsto para o sul de Inglaterra, Cornwall mais precisamente, é uma zona especializada para testes a tecnologias pré-comerciais. A infra-estrutura de entrega de energia eléctrica à rede, a ser construída pela SWRDA, pode ser dividida em vários componentes, localizados não só em alto mar, mas contando também com infra-estruturas em terra, para concretizarem a ligação à rede eléctrica (Figura 2.10).

A estrutura *offshore* engloba quatro unidades de conversão submarina – PCU (*underwater power converter units*), constituídos por transformadores e disjuntores que recebem a energia gerada pelos equipamentos de conversão de energia das ondas e a transformam em energia adequada para ser transportada a longa distância. Esta unidade encontra-se ligada a uma outra unidade de distribuição TDU (*termination and distribution unit*), por um cabo de conexão, semi-flexível, assente no fundo do mar (Halcrow, 2006).

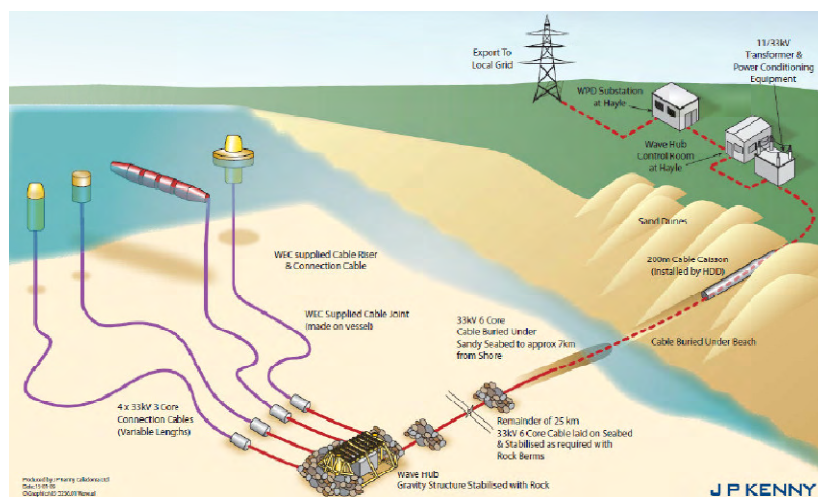
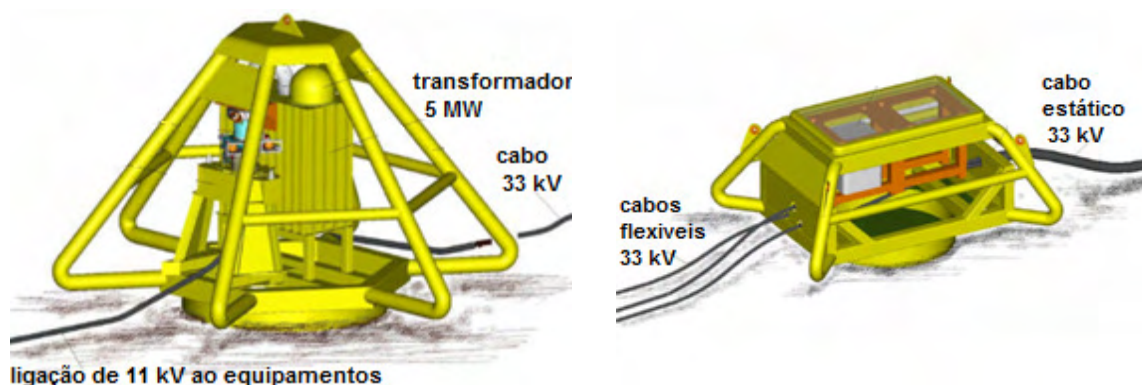


Figura 2.10 | Imagem esquemática do Wave Hub (Halcrow, 2005)

O projecto inicial do WaveHub propunha que cada unidade PCU apresentasse uma potência nominal de 5MW, enquanto a única unidade TDU existente apresentava 20 MW. Numa fase inicial de instalação, a estar terminada em 2010, a potência nominal do Hub, a unidade TDU, apresentará apenas 8 MW (New Energy Focus, 2009). Toda a estrutura do Hub estará assente numa estrutura de cimento e aço a ser construída no local. A Figura 2.11 apresenta a configuração de um PCU e um TDU.



**Figura 2.11 | Imagem esquemática de um PCU (esquerda) e de um TDU (direita) (Halcrow, 2005)**

Cada PCU estará equipado com dois cabos de 11 kV. Um dos cabos serve para a ligação ao cabo umbilical, também de 11 kV, do dispositivo de energia das ondas, à superfície. Do PCU sairá outro cabo flexível de 33 kV para o TDU onde chegarão mais 3 cabos idênticos vindos das outras 3 unidades PCU. Do TDU sairá um cabo também com 33 kV que conduzirá a energia produzida até terra. Os cabos de ligação ao TDU e o PCU serão ligados aos respectivos equipamentos ainda à superfície e só depois são descidos para o fundo do mar, onde permanecerão (Halcrow, 2006).

Do Hub, a unidade TDU, até terra, a ligação é feita por 25 km de cabo submarino, não flexível, que além de cabos eléctricos incluem no seu interior cabos de fibra óptica para a comunicação do Wave Hub com terra. Apresentará 3 núcleos, cada um correspondendo a um cabo de transporte de energia, a 24 kV, com um revestimento de chumbo/aço, com torções ao longo de todo o cabo para evitar que os três cabos entrem em fase. Os cabos de fibra óptica também estarão envoltos em tubos de protecção. Finalmente todo o umbilical será revestido por uma armadura de aço, para resistir aos impactos com o fundo do mar (Halcrow, 2006).

O cabo apresenta um diâmetro de 250 mm e 25 km de comprimento, contudo o projecto prevê um corredor de 500 m para a passagem do cabo. O enterramento do cabo será feito até uma profundidade de 2 a 3 m, pois é a profundidade permitida pelos sedimentos na zona mais próxima da costa. Mais longe da costa, os sedimentos são insuficientes para permitir o enterramento, dado que o fundo é mais rochoso. Assim, o cabo será pousado no fundo do mar, não estando prevista qualquer protecção utilizando rochas (Halcrow, 2006).



Na aproximação à costa, o cabo será enterrado abaixo do nível da praia, igualmente a 2 a 3 m de profundidade através da abertura de valas ao longo de cerca de 750 m. Já em terra, o cordão dunar será perfurado, terminando o caminho do cabo directamente numa nova subestação criada para receber a energia produzida pelos dispositivos offshore (Halcrow, 2006).

#### **2.2.4.5 Zona piloto**

Como já referido, em 2.1 a ZP foi criada em 2008 com o propósito de fomentar o desenvolvimento e a investigação da energia das ondas que ainda se encontra numa fase inicial de desenvolvimento. Com este projecto pretende-se também criar um *cluster* nacional ligado à energia das ondas atraindo empresas promotoras de tecnologias, instalando-as na zona piloto ao abrigo dos três regimes possíveis: Demonstração de conceito, Pré-comercial e Comercial.

A zona piloto encontra-se a norte de São Pedro de Moel, iniciando-se após a batimétrica dos 30m, sensivelmente entre 5 a 8 milhas da costa. Para explorar a zona piloto, em regime de concessão será constituída uma entidade gestora, cuja concessão foi atribuída à Ren (Rede eléctrica nacional) por 45 anos (Decreto-Lei nº 238/2008, de 15 de Dezembro). São competências da entidade gestora, a criação de um corredor de acesso à zona piloto, o licenciamento dos projectos (licença de estabelecimento e exploração), a promoção e acompanhamento das monitorizações das actividades e da caracterização geofísica e ambiental da zona. Finalmente competirá à entidade gestora a definição das tarifas a aplicar aos projectos, em função do regime em que estão inseridos.

Será ainda necessário identificar a localização da subestação em terra, para ligação à rede eléctrica de distribuição. A EDP terá de garantir infra-estruturas para ligação até uma potência máxima de 80 MW, e a Ren terá de disponibilizar 250 MW (Decreto-Lei nº 5/2008, de 8 de Janeiro).

Assim, para que a zona piloto se torne uma realidade será ainda necessário definir os requisitos de acesso de acordo com os regimes já estabelecidos, efectuar uma caracterização ambiental da zona, definir o corredor de acesso para o cabo submarino e a respectiva subestação em terra.



### 2.2.5 Impactes

Os impactes ambientais decorrentes da instalação e operação dos parques de energia das ondas dependem em grande parte das características do ecossistema em que se encontram – zonas protegidas, rotas de migração, espécies em extinção, etc..., e das características dos dispositivos – dimensões ou princípios de funcionamento (Huertas-Olivares, 2006). Existem diferenças significativas entre os impactes dos dispositivos costeiros e dos dispositivos afastados da costa, sendo que estes, no geral, apresentam menores impactes (Thorpe, 1999).

Os impactes advenientes da colocação do cabo são geralmente transitórios, localizados na zona de instalação do cabo e temporários na duração dos trabalhos. Embora os impactes do corredor do cabo submarino possam ser longos a área afectada é estreita, sendo restrita a 2–3 m de largura (BERR, 2008). Para a maioria dos cenários, o fundo do mar e a fauna e flora associada voltam rapidamente a um estado muito similar ao existente anteriormente às obras efectuadas.

É na fase de construção que as perturbações causadas no meio são maiores, pois ocorre a colocação do cabo submarino e a instalação dos dispositivos em mar (BERR, 2008).

#### 2.2.5.1 Impactes no ecossistema

Dos estudos realizados em eólica *offshore*<sup>1</sup>, os impactes mais relevantes são sem dúvida os associados às colisões das aves com as turbinas eólicas (Sorensen et al., 2003). No caso da energia das ondas os impactes não são, na maioria das vezes, tão significativos e são bastante diversificados. Seguidamente é realizada uma breve abordagem aos impactes mais comuns associados à instalação de um parque de energia das ondas, nomeadamente em relação aos dispositivos, mas com um enfoque particular nos impactes associados ao cabo submarino.

---

<sup>1</sup>Turbinas eólicas instaladas em alto mar, para aproveitamento da energia proveniente dos ventos que se deslocam sobre os oceanos, convertendo-a em electricidade (AWEA, 2009)

---



### **Ecossistema bentónico subtidal**

Os habitats subtidais referem-se ao ambiente bentónico abaixo da linha de maré que se encontra sempre submerso. Este ecossistema será mais afectado pelos dispositivos mais próximos da costa ou fixos ao subsolo (EPRI, 2005). Ainda assim, qualquer que seja o tipo de dispositivo, durante a fase de construção, com a colocação das âncoras, afundamento de estruturas, deposição dos cabos submarinos e etc., irá obviamente destruir o *benthos* marinho que aí reside. Contudo, a longo prazo poderá actuar como recife artificial, o que aliado à proibição de pesca nos locais será propício ao seu crescimento (Ospar Commission, 2006).

A instalação do cabo submarino em substratos rochosos requer uma colocação cuidadosa, pois pode provocar a perda permanente de habitats, dado que estas rochas, à imagem de todas as superfícies em contacto com o mar, são ideais para a proliferação de uma série de espécies incrustantes.

Substratos de areias e cascalhos são rapidamente preenchidos após a instalação do cabo. As espécies que habitam solos de cascalho estão geralmente habituadas a condições ásperas pelo que se espera que recuperem rapidamente. No geral as comunidades poderão perder diversidade de algumas formas em detrimento de outras (EPRI, 2005).

Os impactos resultantes do processo de instalação do cabo submarino e da fixação de âncoras incluem a suspensão de sedimentos, o que pode ter uma série de efeitos nas espécies bênticas que habitam as áreas adjacentes ao local de operações. O aumento dos sedimentos suspensos pode afectar os mecanismos filtradores de algumas espécies como alguns tipos de minhocas marinhas ou ofiúros. O aumento dos sedimentos suspensos na coluna de água afecta a actividade fotossintética das macroalgas e do fitoplankton (BERR, 2008).

Outro impacto decorrente do cabo submarino, enterrado no fundo do mar, é o potencial efeito de aquecimento. O calor radiado dos cabos enterrados foi considerado pelo *Connecticut Siting Council* (CSC) como parte do projecto *Cross Sound Cable Interconnector*, um cabo a alta tensão DC enterrado entre Nova Inglaterra e Long Island, Nova Iorque. O CSC estimou um aumento na temperatura no fundo do mar imediatamente acima do cabo enterrado de 0,19 °C e uma temperatura da água do mar de 0,000006 °C. O potencial aumento da temperatura é então considerado impossível de detectar sobre flutuações naturais nos sedimentos circundantes (BERR, 2008).

---

## **Ecossistema Intertidal**

O ecossistema intertidal corresponde à zona que fica exposta na maré baixa. Os habitats intertidais podem ser de vários géneros entre os quais zonas húmidas, salinas, estuários, cascalhos, areias e lama. Esta zona é usada para a passagem do cabo submarino até terra, para ligação à rede eléctrica. Os impactes associados a esta actividade são geralmente a perturbação do solo com a abertura de valas, a mobilização dos sedimentos na área e a fixação dos materiais.

Os habitats intertidais que são mais sensíveis a impactos do enterramento do cabo são geralmente aqueles que vivem em condições mais protegidas, pois as perturbações naturais são menores e menos frequentes. Tais habitats incluem as salinas, lodaçais, cascalhos enlameados, e recifes biogénicos. Estes habitats demoram geralmente mais tempo a recuperar das perturbações comparativamente com os habitats mais dinâmicos ou mais frequentemente abalados como as zonas dunares, praias com cascalho e habitats com sedimentos variados. Estes habitats mais dinâmicos, suportam geralmente, uma grande gama de espécies que são mais facilmente adaptáveis e mais tolerantes a perturbações a curto prazo, dado que ocorrem naturalmente (BERR, 2008).

Os estuários, as salinas, areias e as zonas húmidas são altos valores ecológicos, muito importantes como áreas de alimentação e de nidificação para várias aves. Plataformas calcárias e margens cascalhentas são exemplos de áreas geológicas importantes e que tipicamente suportam uma grande variedade de algas e de invertebrados marinhos (BERR, 2008).

A sensibilidade do ambiente intertidal está também associada à época do ano, dependendo da ocorrência de algumas espécies migradoras, ou dos estágios de vida de alguns peixes e crustáceos.

Para mitigar alguns dos potenciais impactes em zonas mais sensíveis, em vez da abertura de vala para a passagem do cabo, pode-se realizar uma perfuração no solo para evitar a destruição à superfície. Outra medida recorrente é a translocação de espécies sésseis (BERR, 2008).

No EMEC os cabos na zona intertidal foram deixados à superfície na zona dunar, como referido previamente em 2.2.4.1. Neste caso foi colocado um colchão de betão a cobrir os



cabos para os proteger e também para promover a fixação dos sedimentos na zona do cabo (Carl Bro, 2002).

As operações de colocação do cabo devem ocorrer durante a maré baixa, para evitar a ressuspensão dos sedimentos. Ainda assim, quando a maré sobe, algum material acaba por entrar em suspensão. A extensão deste impacte depende essencialmente do tipo de sedimentos e da sua coesividade. Naturalmente em sedimentos mais finos e menos coesivos, como as areias finas têm mais propensão a tornarem-se sedimentos suspensos na coluna de água (BERR, 2008).

### **Mamíferos marinhos**

Os maiores impactes relacionados com este grupo prendem-se com a perda do habitat, ou de rotas de migração e dificuldades de comunicação devido ao ruído causado pelo dispositivo, e pelas embarcações de acesso, quer durante as fases de construção/desactivação, quer para visitas regulares de manutenção, ao longo do tempo.

Mais uma vez, a comparação destes dispositivos com actividades semelhantes no meio marítimo, como exploração de plataformas petrolíferas permitem aferir apenas a existência de alterações comportamentais pouco significativas (Sorensen et al., 2003).

Existem ainda alguns riscos associados às próprias tecnologias de aproveitamento de energia das ondas, como por exemplo os choques contra as pás das turbinas. Nos equipamentos flutuantes com bordo livre menor do que dois metros é muito provável que os pinípedes (baleias e leões marinhos) tentem puxar ou arrastar o dispositivo (EPRI, 2005).

### **Aves**

Este grupo não é dos mais afectados pela energia das ondas, dado que os dispositivos não são muito elevados (acima do nível do mar) e não possuem rotores no ar. Tal como os mamíferos marinhos, as aves são altamente migratórias e podem colonizar nos dispositivos mais estáveis (Sorensen et al., 2003). Novamente os maiores impactes prendem-se com a fase de instalação e a presença de embarcações no local que podem provocar o afastamento das aves do local, quer pela alteração do comportamento habitual no mar, quer pela falta de disponibilidade de presas (BERR, 2008).





## **Peixes**

Com a proibição de pescas nas proximidades dos dispositivos, e com o equipamento a actuar como um recife para a protecção e proliferação não só dos peixes, mas também dos outros ecossistemas locais que lhes servem de alimento, os dispositivos terão assim um impacte positivo na proliferação destes ecossistemas.

Durante a instalação do cabo submarino e das âncoras dos dispositivos, alterações nos sedimentos e na turbidez da água podem causar danos nos peixes e nas suas larvas. Dado que a maioria das espécies desova na coluna de água a perturbação do habitat não sugere impactos de maior, excepto para as espécies que realizam a desova no fundo do mar e vêm o seu habitat alterado. É conveniente que as obras de instalação não ocorram durante a época da desova (BERR, 2008). Os efeitos já referidos para os mamíferos marinhos de ruído e vibrações, presentes nas fases de construção e após a instalação, poderão também levar à perda de habitat dos peixes.

Uma vez que os maiores impactes serão causados nas comunidades bênticas, como algumas espécies de crustáceos é favorável evitar as épocas de migração de algumas espécies bênticas que buscam um parceiro para acasalar, como é o caso dos caranguejos citados num estudo do Norfolk (Cromer) Offshore Wind Farm, onde foi evitada a instalação do cabo entre Julho a Setembro (BERR, 2008).

O levantamento dos sedimentos também poderá causar o sufocamento de algumas espécies pois o material sedimentar disperso na coluna de água pode obstruir as guelras, sendo os juvenis mais susceptíveis do que os adultos, pois estes têm mais capacidades para detectar os níveis altos de sólidos suspensos, afastando-se da área afectada. Os peixes que se alimentam por filtração, como as ostras e os mexilhões são das espécies mais afectadas (BERR, 2008).

### **2.2.5.2 Pescas e Navegação**

Os equipamentos de aproveitamento de energia das ondas poderão vir a ocupar espaços anteriormente utilizados para as pescas. As áreas sinalizadas para o parque de ondas terão sempre de ter em conta, não só o espaço ocupado pelas máquinas, mas também, as amarrações e as fundações, pelo que será necessário garantir uma área de segurança, devidamente assinalada, ao redor do dispositivo. Na indústria petrolífera *offshore*, onde existe um risco acrescido de explosão é criado um perímetro de segurança de 500 m



(EPRI, 2005). Neste caso, a configuração e as dimensões dos dispositivos são essenciais para aferir esse perímetro.

A correcta sinalização do parque de energia das ondas e do corredor é essencial neste campo, pois embora existam algumas máquinas que pelas suas dimensões são perfeitamente visíveis a alguma distância, outras, como as bóias, são demasiado pequenas e com pouco bordo livre, para serem detectadas atempadamente.

#### **2.2.5.3 Impactes visuais**

O efeito visual do parque de ondas dependerá de vários factores sendo os principais (Sorensen et al., 2003):

- Distância à costa
- Elevação do dispositivo acima da linha de água
- Condições atmosféricas
- Tamanho do dispositivo (área de flutuação)
- Esquema de cores
- Altura acima do mar do observador

Embora não se prevejam grandes impactes visuais, como na energia eólica devido à altura das torres, será sempre conveniente não instalar parques de ondas próximo de zonas costeiras recreativas ou protegidas, de forma a evitar a oposição pública, que é geralmente muito susceptível aos impactes visuais (EPRI, 2005).

Obviamente as tecnologias costeiras e próximas da costa provocarão um maior impacto visual do que as afastadas da costa. Estas últimas se forem tecnologias flutuantes e com pequeno bordo livre, possivelmente não serão sequer visíveis de terra (EPRI, 2005).

#### **2.2.5.4 Ruído e vibrações**

O ruído e as vibrações dos equipamentos podem ser propagados pelo ar, ou, dentro de água a grandes distâncias, provocando efeitos variados e adversos. O nível do ruído é principalmente dependente do tipo de emissor, mas também do vento (na propagação pelo ar) e dos níveis de ruído do ambiente circundante (BERR, 2008).



Durante a fase de construção e desactivação, com as movimentações das embarcações e os trabalhos em mar, os níveis de ruído poderão aumentar temporariamente afectando as comunidades residentes.

Os impactes associados ao ruído e às vibrações são: as lesões fatais nos indivíduos, a surdez ou o evitamento da área (BERR, 2008).

A nível da Ictiofauna as espécies com maior capacidade auditiva são o arenque (comum no norte da Europa) e a petinga, dado que dispõem de um sistema acústico-lateral muito desenvolvido. Outros peixes com algumas capacidades de audição são o bacalhau, a cavala e o salmão, e finalmente, exemplos de espécies que não possuem de todo capacidades auditivas são a solha, o linguado e o cação (BERR, 2008).

Para os mamíferos marinhos, essencialmente durante a fase de construção o distúrbio provocado pelo aumento de ruído na zona poderá levar os mamíferos marinhos a abandonar a zona, o que caso aconteça durante a época de amamentação pode levar os indivíduos adultos a abandonar as crias (BERR, 2008).

A escolha temporal para estes trabalhos deverá sempre ter em conta as comunidades, respeitando os seus períodos de reprodução, sempre que possível.

#### **2.2.5.5 Contaminação Química**

Quer por uma colisão com uma embarcação, ou por fugas do equipamento, poderão ocorrer derrames de óleo no meio marítimo contaminando o ecossistema circundante. O esquema de pintura dos equipamentos, ou as protecções dos cabos de amarração, utilizando tintas antivegetativas poderá levar à dispersão de substâncias nocivas ao meio ambiente. Embora actualmente tintas com TBT (tributil-estanho) estejam proibidas, tintas biocidas com outras substâncias podem libertar cobre ou outros metais (EPRI, 2005).

A colocação do cabo submarino na zona intertidal poderá provocar a libertação de contaminantes. Os óleos e os metais pesados geralmente fixam-se aos sedimentos finos, enquanto alguns químicos persistem em sedimentos mais grosseiros. Se houver grande concentração de contaminantes na zona, podem causar efeitos em algumas espécies ou bioacumular-se na cadeia nutritiva. Estes efeitos dificilmente serão significativos, surgindo mais frequentemente em zonas industrializadas (BERR, 2008).



#### 2.2.5.6 Campos electromagnéticos

Os conhecimentos nesta matéria são ainda escassos, estando agora apenas a dar os primeiros passos, graças principalmente à eólica *offshore*. Os estudos realizados na Dinamarca no parque eólico *offshore* de Nysted referem que os cabo não constituem barreiras aos movimentos na maioria das espécies de peixes. Algumas espécies de crustáceos e elasmobrânquios demonstraram alguma sensibilidade ao problema.

No Reino Unido foram efectuados vários estudos pelo COWRIE para aumentar os conhecimentos sobre os campos magnéticos e o comportamento dos elasmobrânquios. O estudo mostrou que os cabos com protecção não produziam campos electromagnéticos directamente, mas um campo magnético é criado nas proximidades do cabo pela corrente alternada. Este campo magnético gera um campo eléctrico induzido detectável pelos peixes electrosensitivos (Halcrow, 2006).

Os elasmobrânquios utilizam os campos eléctricos e magnéticos para vários fins, nomeadamente navegação/migração, e para localização de presas. De um estudo realizado pela COWRIE, e referido no estudo de avaliação ambiental realizado para o Wave Hub (Halcrow, 2006) foi realizada uma avaliação aos impactes de dois cabos submarinos de 33 kV, um com 500 mm<sup>2</sup> e outro com 185 mm<sup>2</sup> com correntes máximas de 530 A e 265 A respectivamente. Ambos foram revestidos com uma armadura de 100mm de aço e foram enterrados a 1,5m de profundidade, sendo que o primeiro cabo referido, apresenta características semelhantes ao previsto para o Wave Hub (Halcrow, 2006).

O campo electromagnético máximo criado foi de 40  $\mu\text{V/m}$  no fundo do mar, rapidamente dissipado para 1 ou 2  $\mu\text{V/m}$  a uma distância de 10 m do cabo. A média estimativa do campo eléctrico no fundo do mar foi de 20  $\mu\text{V/m}$  e na interface entre o solo e a coluna de água o máximo campo eléctrico gerado pelo cabo foi de 2,5  $\mu\text{V/m}$  (Halcrow, 2006).

Da literatura disponível, referida também pelo estudo, refere-se que os elasmobrânquios, detectam campos eléctricos entre os 0,5 até aos 100  $\mu\text{V/m}$ , o que engloba os valores acima referidos. Este impacte apresenta uma significância variável dependendo da espécie afectada. As espécies bentónicas como as raias são mais afectadas, dado que se encontram mais próximo do fundo do mar. Ao invés os tubarões, dado que são espécies pelágicas que habitam a parte superior da coluna de água sofrem menos os efeitos do campo electro-magnético (Halcrow, 2006).



O estudo refere adicionalmente que a interferência do campo electromagnético do cabo submarino no comportamento dos elasmobrânquios é maior quando o cabo está simplesmente pousado no fundo do mar e não enterrado (Halcrow, 2006).

Finalmente, as consequências desta atracção dos elasmobrânquios pelo cabo submarino, passível de ser criada pelo campo electromagnético, não irão ser prejudiciais às populações, sendo mais previsíveis que ocorram danos no próprio cabo (Halcrow, 2006).

#### **2.2.5.7 Diminuição da energia e processos costeiros**

Os parques de ondas, se suficientemente extensos poderão criar uma barreira às ondas, impedindo-as de atingir a costa com a mesma energia de anteriormente. Estimativas realizadas pela EPRI, 2004, calculam que um parque de ondas Pelamis com 180 unidades, e com uma frente de onda de 12 km, provoque uma diminuição de 12% imediatamente atrás do parque de ondas. As ondas que passam ao lado do parque de ondas e que não sofrem alterações de energia vão espalhar-se e preencher as zonas com défice de energia. No total espera-se que a redução na altura da onda seja da ordem dos 5-10 %. Esta diminuição poderá afectar a natureza da costa, a zona intertidal e todas as comunidades de plantas e animais presentes nesta (EPRI, 2005).

Um efeito similar aos quebra-mares, diminuindo a erosão das zonas costeiras, poderá ocorrer com os dispositivos de energia das ondas, dependendo da tipologia (fixos ou flutuantes), da proximidade entre equipamentos, e da distância à costa. Obviamente tecnologias mais próximas da costa e equipamentos que compreendem estruturas fixas provocam uma diminuição mais acentuada do regime de ondas na costa (EPRI, 2005).



### **3 Caracterização do Projecto**

Como já referido anteriormente (em 2.2.4.5) a zona piloto, situada ao largo da costa ocidental portuguesa pretende restringir o seu uso para “fomentar a produção de energia das ondas, bem como realizar outras actividades nos termos previstos no presente decreto-lei” (Decreto-Lei, nº 5/2008, de 8 de Janeiro). Deste modo, e ainda segundo o mesmo Decreto-Lei refere-se no artigo n.º9, que para a produção de energia eléctrica é necessário “a identificação e constituição de um ou mais corredores que permitam a ligação da zona piloto às subestações de recepção de energia eléctrica.”

É à entidade gestora que cabe a identificação, o dimensionamento e a construção das infra-estruturas necessárias à utilização dos corredores de ligação da zona piloto à rede eléctrica pública. Para tal é necessário um conhecimento aprofundado das características da zona e também a definição técnica da ligação eléctrica a ser criada.

#### **3.1 Descrição ambiental da zona piloto**

Seguidamente pretende-se caracterizar sucintamente a área onde será instalada a zona piloto, de forma a prever as principais condicionantes à colocação do corredor de acesso. No âmbito da caracterização, considerou-se como zona de interesse, toda a área circundante entre o Pedrogão e São Pedro de Moel. Quando necessário, e de forma a

caracterizar a envolvente, deu-se especial atenção à área entre o Cabo Mondego e a Nazaré.

### **3.1.1 Ordenamento do Litoral**

A zona piloto inicia-se após a batimétrica dos 30 m de profundidade, e termina após a batimétrica dos 70 m. O Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), o instrumento de gestão territorial das zonas costeiras encontra-se delimitado na batimétrica dos 30 m. Este plano estabelece as regras a que deve obedecer a ocupação, uso e transformação dos solos abrangidos no seu âmbito de aplicação. Na área abrangida pelo POOC aplicam-se todas as servidões administrativas e todas as restrições de utilidade pública, decorrentes dos vários regimes jurídicos, como é o caso da Reserva Ecológica Nacional (REN). Na área de estudo, toda a orla costeira com excepção dos núcleos urbanos encontra-se classificada como Reserva Ecológica Nacional.

O Decreto-Lei 180/2006 de 6 de Setembro, que regulamenta a REN é omissivo quanto aos usos da Reserva para produção de energia a partir de fontes renováveis. Dado que na lei não é clara a possibilidade de desafecção da REN, as infra-estruturas em terra terão de ser construídas fora da zona REN, ou sem novas edificações.

A ZP é abrangida pelo Domínio Público Marítimo, pois encontra-se em águas territoriais. As águas territoriais são contadas a partir da linha de base, isto é, a linha de baixa-mar ao longo da costa, e estende-se até às 12 milhas náuticas, incluindo assim os leitos e a plataforma continental (Resolução nº 60-B/97, de 14 de Outubro e Decreto-Lei do Presidente da República nº 67-A/97, de 14 de Outubro).

As águas territoriais pertencem à zona económica exclusiva de Portugal (ZEE). A ZEE portuguesa é limitada pelas 200 milhas náuticas contadas também a partir da linha de base recta. Portugal tem direitos soberanos sobre a ZEE para prospecção, exploração e gestão de todos os recursos naturais existentes.



O regime de jurisdição do domínio hídrico é estabelecido pelo Decreto-Lei nº 468/71, de 5 de Novembro. Dado que pertence ao domínio público do estado, o domínio público hídrico está submetido a um regime especial de protecção tornando-se inalienável, impenhorável e imprescindível, encontrando-se apenas sujeito a concessão ou licença de utilização para uso.

### 3.1.2 Infra-estruturas de apoio

Na faixa costeira próxima da zona piloto apenas se encontram as Praias de Pedrogão, freguesia de Coimbrão, pertencente ao concelho de Leiria, a Praia da Vieira, freguesia de Vieira de Leiria, e a Praia de São Pedro de Moel, freguesia da Marinha Grande, as duas últimas pertencentes ao concelho da Marinha Grande.



Figura 3.1 | Rede de distribuição de média e alta tensão (EDP, 2005)

Num projecto como a zona piloto, em que se pretendem instalar dispositivos de conversão de energia, a ligação dos equipamentos à rede eléctrica é um ponto fulcral a ter em conta. Dadas as características da legislação para a zona costeira enunciadas em 3.1.1, a criação de novas edificações não está prevista pela legislação que regulamenta a



REN. Assim, é de todo conveniente analisar as localizações das ligações eléctricas já existentes, bem como as características das mesmas.

Como é visível na Figura 3.1 as localidades acima referidas, correspondem às únicas zonas próximo da costa, onde existe rede eléctrica.

Além da linha de média tensão de 15 kV, que se apresenta próximo das localidades previamente referidas, pode encontrar-se, mais próximo da Praia da Vieira, a linha de média tensão de 30 kV que faz a ligação à Subestação da Marinha Grande. Esta é provavelmente a ligação mais recomendada dado que para transportes de energia eléctrica em distância, há menores perdas de energia quando as tensões de transporte são maiores.

### **3.1.3 Geologia**

O fundo oceânico junto à costa litoral portuguesa revela a sua origem continental dado que o contacto entre as crostas de origem oceânica e continental se faz ao largo e não junto à linha de costa. Esta zona, denominada por margem continental, inicia-se junto à linha de costa com a plataforma continental até aos 200 m de profundidade, seguindo-se o talude continental, uma zona com declive mais acentuado em que a profundidade aumenta até aos 1500 m, terminando na rampa continental que faz a ligação entre a zona continental e os grandes fundos oceânicos (Kennett, 1982).

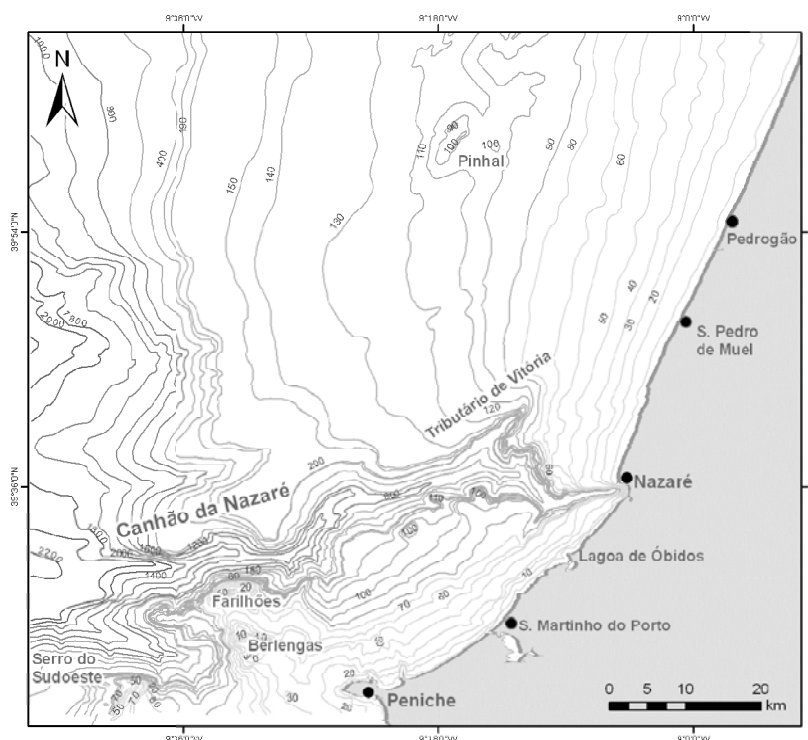
A plataforma continental portuguesa apresenta uma vasta superfície aplanada (com 30 a 60 km de largura), cuja morfologia se apresenta bastante regular e suave ao longo de toda a costa norte portuguesa. Excepções a este facto são os três canhões submarinos existentes: canhão do Porto, de Aveiro e da Nazaré.

O canhão da Nazaré (Figura 3.2), é o mais próximo da zona em estudo, é o maior vale submarino da Europa, apresentando um comprimento superior a 200 km, entre a batimétrica dos 50 m (a 500 m da costa) e a planície abissal, a cerca de 5000 m de profundidade. O canhão apresenta uma orientação Este – Oeste, e uma secção transversal em V apertado. A cabeceira do canhão da Nazaré tem uma nítida expressão na enseada da Nazaré, e tem um papel fundamental na captura de sedimento em trânsito na faixa

---



litoral e plataforma interna. O canhão divide a plataforma continental em duas zonas com características sedimentares e tectónicas distintas (Guerreiro et al., 2006).



**Figura 3.2 | Carta batimétrica de pormenor do Canhão Submarino da Nazaré (adaptado de Guerreiro et al., 2006)**

A norte do Canhão da Nazaré, o litoral é bastante arenoso, com afloramentos rochosos pontuais. A estrutura geológica apresenta-se simples, constituída por uma sucessão de camadas geológicas (monoclinal) suavemente inclinada para oeste. Esta estrutura reflecte a evolução meso-cenozoica deste sector da península desde a abertura do Atlântico norte, e, em cujo período mais marcante foi criada a bacia lusitana. Esta bacia constitui uma importante depressão estrutural que, após a rotação da Península Ibérica (há 84 milhões de anos) foi abandonada e posteriormente, durante o Cenozóico, colmatada com espessas camadas sedimentares de origem marinha e provenientes do continente adjacente. A plataforma ganhou a sua forma geral durante o Neogénico, altura em que se deu a edificação de espessas camadas detríticas, que actualmente se observam na plataforma externa e vertente continental superior (Guerreiro et al., 2006).

Entre a Nazaré e a Figueira da Foz, a uniformidade da plataforma é afectada pelo relevo do Pinhal, com 20 m de desnível, localizando-se na batimetria dos 100 m, ao largo da Figueira da Foz.

A cartografia de fundo da plataforma setentrional portuguesa foi realizada ao abrigo do programa SEPLAT, realizada através da identificação de sedimentos superficiais e definição de zonas de afloramento rochoso. Actualmente, e após três décadas de colheita de sedimentos existe uma base de dados que abrange sete perfis de profundidade entre a batimétrica dos 60 m até aos 480 m (Guerreiro et al., 2006).

Dos dados veiculados sobre o estudo considera-se actualmente que a zona em estudo é caracterizada, à imagem de toda a costa norte portuguesa, por depósitos areno-cascalhentos sendo encontrados pontualmente alguns depósitos silto-argilosos (Guerreiro et al., 2006).

Os depósitos litorais, constituídos por areia fina a muito fina, calibrada e unimodal são o padrão granulométrico característico do litoral até aos 30 a 50 metros de profundidade (Guerreiro et al., 2006).

A partir dos 50 m até à extremidade Este da zona piloto a matiz dominante são os depósitos areno cascalhentos. Mais próximo da batimétrica dos 50 m, as classes grosseiras são dominantes, sendo a superfície do fundo constituída por areia grosseira a muito grosseira que à medida que se aumenta a profundidade se aproxima do cascalho. A profundidade maior (batimétrica dos 70 m, aproximadamente), a superfície de fundo é composta por areia fina a muito fina até aproximadamente a batimétrica dos 100 m. Na zona mais a norte da zona piloto apresentam-se alguns depósitos com características areno-siltosos (Guerreiro et al., 2006).

### **3.1.4 Zona Costeira**

#### **3.1.4.1 Caracterização do litoral**

A costa ocidental portuguesa tem vindo a ser modelada principalmente pela actuação da maré e da onda, pelas variações do nível médio do mar, e pela ocupação do homem. Ao longo do último século a zona costeira tem vindo a experimentar forte degradação das estruturas de protecção naturais (devido a causas naturais e principalmente antropogénicas), modificando gradualmente o equilíbrio dinâmico sedimentar, causando os fenómenos de erosão costeira e o consequente recuo da linha de costa (Dias et al., 1994).

---



A faixa continental costeira ente a Figueira da Foz e a Nazaré corresponde, como já referido em 3.1.3, a uma zona aplanada e de baixa altitude. Junto à costa, os principais afloramentos rochosos são o Cabo Mondego, inscrito na serra da Boa Viagem (com 257 m de altura), e o Pedrógão, ambos de formação jurássica – margas e calcários margosos, calcários compactos e leitos de lignitos e arenitos (Dias et al., 1994).

Entre São Pedro de Moel e a Nazaré ocorrem arribas inscritas em rochas carbonatas, conglomerados, argilitos e arenitos, que atingem a sua altura máxima no promontório da Nazaré, a 110 m acima do nível do mar.

Predominantemente, os depósitos encontrados nesta zona são registos holocénicos como os depósitos de aluviões (no estuário do Mondego), areias de dunas e areias de praia (Dias et al., 1994).

No troço Cabo Mondego – Nazaré encontra-se a foz do rio Mondego, donde resulta uma importante zona húmida, o estuário do Mondego. A alguns quilómetros a sul encontra-se a foz do rio Liz, que não forma estuário.

Para além dos relevos referidos, toda a restante zona costeira é composta por um cordão dunar frontal. Para o interior existe paralelamente à linha de costa uma depressão com algumas dezenas de metros de largura que contacta, a oriente com vasto campo dunar formado pelas dunas interiores. O famoso Pinhal de Leiria (e a Mata Nacional do Urso), existente na zona, serviu exactamente para estabilizar o avanço destas dunas interiores, motivado pelos sedimentos litorais transportados pelos fortes ventos da região.

Paralelamente ao cordão dunar existente, todo o troço é constituído por extensas praias arenosas com excepção dos relevos rochosos e arribas já referidos. A oriente estas praias contactam directamente com o cordão dunar frontal, sendo que, na zona de interesse – Pedrógão a São Pedro de Moel a transição entre praia/duna é realizada de forma gradual através de alta praia/dunas embrionárias, podendo estas atingir cotas superiores a 10 m, ou por pequenas arribas (Dias et al., 1994).

A ocupação humana neste sector costeiro não é intensa, resumindo-se às três localidades existentes na orla costeira. Em Pedrógão verifica-se uma pequena proeminência responsável por um ligeiro desfasamento na orientação da linha geral de costa. Esta pequena saliência natural é a causa para uma acumulação de areia a norte, a Praia do Fausto, que não tem sofrido grandes alterações ao longo dos anos (Dias et al., 1994).

A alguns quilómetros a sul de Pedrógão localiza-se a Praia da Vieira, junto à foz do rio Liz. Esta foz está delimitada por dois pequenos esporões. A área urbana está também protegida na marginal, com um paredão de 600 m de comprimento.

A Praia de São Pedro de Moel está localizada numa arriba (afloramentos carbonatados com cobertura arenosa no topo), formando uma saliência natural no topo que condiciona a orientação da costa a Norte (Dias et al., 1994).

### 3.1.4.2 Erosão e obras de protecção costeira

As maiores dificuldades com a erosão costeira concentram-se, principalmente nas zonas onde a ocupação humana é maior. Verifica-se que as obras de protecção costeira se concentram, quase exclusivamente, em zonas de elevada densidade populacional. Na realidade, estas estruturas são implantadas para proteger edificações localizadas em zonas de risco muito elevado e não para proteger a zona costeira propriamente dita. Geralmente estas obras de protecção traduzem-se em esporões, paredões ou enrocamentos longilitoriais, que no último século têm vindo a ser construídos ao longo de todo o litoral.

A lista publicada pelo INAG IP para obras de protecção costeira entre 1995 e 2006, indica várias intervenções para o troço costeiro em estudo, o seu resumo apresenta-se na Tabela 3.1.

**Tabela 3.1 | Lista de Intervenções realizadas entre 1995 e 2006 para o troço Figueira da Foz – Nazaré (INAG, 2009)**

Obras de Erosão costeira	Ano
Intervenção na Praia do Pedrogão	1996
Reparação da marginal da Figueira da Foz	1997
Intervenção na Praia da Vieira	1997
Reperfilamento dos taludes do rio Liz	1997
Reconstrução do cordão dunar da foz do rio Liz	1997
Intervenção na Praia de São Pedro de Moel	1998
Reparação dos esporões da cova da Gala, Lavos e Leirosa	1998–2000
Intervenção de emergência na Praia da Vieira	1999
Protecção da estrada marginal de Buarcos	1999–2000
Intervenção de emergência na Praia da Tamargueira. Figueira da Foz	1999
Intervenção de emergência na estrada marginal de Buarcos	1999–2001
Intervenção de emergência na estrada marginal de Buarcos	2002
Intervenção de emergência na Arriba da Nazaré	2002–2003



No porto da Figueira da Foz foram criados, na década de 60, molhes de protecção à navegação, o que provocou o avanço da linha de costa nas proximidades do molhe nas décadas seguintes, mas que foi colmatado com a posterior exploração de areias na zona.

A Sul do Mondego, foram criadas, em algumas praias e zonas costeiras próximas, esporões para atenuar os problemas de recuo costeiro sentido entre a Praia da Cova e a Costa de Lavos, dado que esta zona sofre os impactes imediatos da acção dos molhes do porto da Figueira, e as obras realizadas nos troços estuarinos, como dragagens portuárias, drenagens ou enxugos de terrenos (Dias et al., 1994).

Da Figueira da Foz até à Nazaré, dado que a ocupação costeira é reduzida, não se têm sentido grandes problemas de erosão costeira. De facto, nas últimas décadas, embora se tenha vindo a experimentar algum recuo da linha de costa, este é, certamente, resultado do agravamento genérico da erosão costeira em todo o litoral (Dias et al., 1994).

Pedrogão e São Pedro de Moel, estão assentes em zonas de rochas carbonatadas consolidadas. Em Pedrogão, na zona marginal foi construído um muro marginal, em 1980, para protecção do núcleo urbano que foi posteriormente intervencionado (INAG, 2009).

Na foz do rio Liz, como já referido em 3.1.4.1, foram construídos dois esporões para delimitação da foz, e também foi edificado um muro na marginal da Vieira. Explorações recentes de areias acumuladas nesta zona, dado que nos últimos anos não têm ocorrido temporais significativos, diminuíram o potencial protectivo da praia, debilitando o litoral e aumentando os riscos de destruição do paredão. Esta zona foi alvo de intervenções em 1997, nomeadamente nos taludes e no cordão dunar da foz do rio Liz e também na praia da Vieira, que voltou a sofrer obras de protecção realizadas de emergência dois anos depois.

A sul de São Pedro de Moel, as consequências da erosão costeira, se existentes, têm sido reveladas por reduções da largura dos areais e por evolução das arribas devido à actuação dos processos marinhos (Dias et al., 1994). Ainda assim há registos de intervenções na zona, nomeadamente na praia de São Pedro de Moel, em 1998, e mais recentemente em 2002 na Nazaré foram realizadas obras de emergência na arriba (INAG, 2009).

### 3.1.5 Características climatológicas

#### 3.1.5.1 Características meteorológicas

Segundo a Caracterização do Clima da Costa de Portugal Continental (IM, 2004b), as condições meteorológicas predominantes em Portugal são condicionadas pela orografia, a influência do Oceano Atlântico, do território continental, e pela latitude, pois a costa portuguesa encontra-se entre a zona dos Anticiclones subtropicais e a zona das Depressões subpolares do Hemisfério Norte. Junto à costa, a estes fenómenos acresce-se a influência das orientações dominantes da linha de costa.

No Inverno, a costa continental portuguesa sofre a influência de depressões frontais motivadas pela migração para sul da frente polar, que corresponde à zona de separação entre as massas de ar polar continental e as massas de ar tropical marítimo, à superfície. No verão, esta frente polar desloca-se para norte afastando-se do território português (IM, 2004b).

#### **Ventos**

No litoral o regime de ventos é determinado pela sobreposição à circulação atmosférica de larga escala, do efeito das brisas locais de variação com periodicidade diurna, geradas pelo desigual aquecimento e arrefecimento da terra e do oceano (IH, 1990).

Na costa ocidental os ventos são predominantes de Norte (N) ou Noroeste (NW), com forças na Escala de Beaufort<sup>2</sup> de nível 4 (6 a 8 m/s), caindo para o nível 2 (2 a 3 m/s) durante a madrugada. Durante o verão são especialmente dominantes os ventos de norte – nortada, mais marcada no litoral a sul do Porto, e devido aos efeitos orográficos, especialmente intenso próximo dos cabos da costa Oeste (Carvoeiro, Roca, Espichel e São Vicente).

Os ventos mais fortes são geralmente de Sudoeste (SW) associados a depressões muito cavadas, fazendo-se sentir com mais intensidade (força 7 a 8 – 14 a 21 m/s). Os ventos predominantes de terra são mais fracos, registando-se para direcções de Nordeste (NE) ventos de força 2 a 4, de Este (E) ventos de força 3 (4 a 5 m/s), e de Sudeste (SE) ventos de força 2 a 3 (IH, 1990).

---

<sup>2</sup> A escala de Beaufort quantifica a intensidade dos ventos, tendo em conta os efeitos observados no mar. Foi desenhada no século XIX pelo meteorologista anglo-irlandês Francis Beaufort.

---



### **Pressão Atmosférica e Temperatura da água do mar**

Quando o rumo dominante dos ventos é do quadrante Norte, a temperatura da água do mar experimenta uma diminuição considerável, graças ao transporte de água superficial para Oeste (W) e afloramento junto à costa, de águas frias (IM, 2004b)

A temperatura da água do mar aumenta gradualmente de norte para sul, variando a média anual à superfície, junto à costa entre 14,5 °C e 16 °C, na costa norte ocidental. Os valores máximos e mínimos registados (referentes a dados de várias estações obtidos entre 1970 e 1990) foram respectivamente 22,4°C e 10,0°C na costa ocidental. Os valores mais elevados são registados nos meses de Setembro e Outubro e os mais baixos entre Dezembro e Março (IM, 2004b).

A pressão atmosférica média na costa situa-se entre os 1016 e os 1020 hPa. Valores superiores a 1030hPa ocorrem no Inverno, e valores mais baixos, ocorrem também no Inverno (inferiores a 980 hPa). No verão as variações de pressão atmosférica são menores, descrevendo uma situação meteorológica estável (IH, 1990).

### **Nevoeiro e neblina**

Segundo o Roteiro da Costa de Portugal (IH, 1990) o nevoeiro é o resultado da condensação do vapor de água do ar, em condições de estabilidade, nas camadas mais baixas da atmosfera. A neblina tem a mesma origem que o nevoeiro mas caracteriza-se por visibilidade reduzida, cerca de 1 a 5 km.

A formação do nevoeiro difere da terra para o mar. No mar, junto à costa ocidental ocorre mais frequentemente no Verão, durante a madrugada ou a manhã, tendendo a dissipar-se à tarde. No Inverno, forma-se durante a noite (em condições de vento fraco, circulação anticiclónica e céu limpo) quando massas de ar frio e estável se deslocam sobre superfícies relativamente quentes. Na zona de São Pedro de Moel, ocorrem cerca de 27 dias de nevoeiro, por ano (IM, 2004b).

### **Agitação marítima**

Na caracterização de um estado do mar distingue-se usualmente vaga de ondulação. Enquanto as vagas são geradas por ventos locais, originando um estado de agitação irregular com cristas angulosas e ondas de várias direcções, as ondas marítimas são o resultado da propagação da vaga gerada pelo vento num local distante. De cariz mais



regular e de cristas mais arredondadas, as ondas têm uma direcção bem definida. Um determinado estado do mar, pode ser caracterizado através do seu espectro, que exprime a distribuição da energia de acordo com a frequência e direcção.

Segundo a bibliografia, as ondas ao largo da costa Oeste apresentam uma altura significativa (a média do terço mais elevado das alturas de onda de zero ascendente) de 2 m a 2,5 m com 9 a 11 s de período significativo de onda. Estes estados do mar são proveniente dos quadrantes Oeste-Noroeste (WNW) e Norte-Noroeste (NNW), com ventos de altas latitudes oriundos do Atlântico Norte. Ao largo da costa as ondas frequentemente ultrapassam os 5 m de altura significativa durante os meses de Outubro a Março (Coelho, 2005).

Num estudo realizado por Coelho (2005), realizou-se a comparação entre os valores da bibliografia e dados obtidos pelo IH, para a bóia de Leixões<sup>3</sup>, recolhidos entre 1981 e 2003. Do tratamento de dados realizado é possível notar que o mês de Dezembro é o que apresenta maior número de registos de temporal (altura significativa superior a 3 m), sendo que em Junho, Julho e Agosto não se registaram temporais. Além da altura significativa, foram também recolhidos valores de período médio ( $T_{Hs}$ ), que representa a média dos períodos das ondas que foram utilizadas no cálculo da altura significativa.

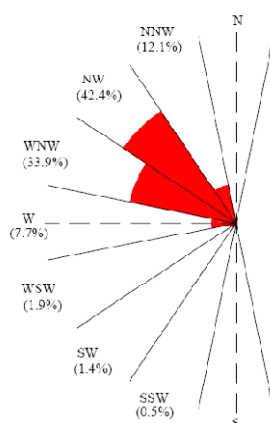
Os dados obtidos para a bóia de Leixões referentes a alturas significativas e períodos de onda médios ao longo dos anos confirmam os valores da bibliografia, com as maiores frequências de ocorrência a encontrarem-se entre 0,5 a 2,5 m de altura significativa. Na classe de 1,5–2,5 m não há um predomínio dos meses de Verão ou de Inverno, contudo a partir dessa classe os meses de Verão passam a ter um número muito reduzido de registos, enquanto os meses de Inverno apresentam frequências de ocorrências significativas (Coelho, 2005).

Também na distribuição de período das ondas é necessário discriminar os meses de Inverno e Verão. Se para períodos inferiores a 7 s os meses de Verão são os mais significantes, os períodos superiores a 13 s perdem expressividade. Finalmente os períodos mais frequentes no Verão são os de 6 a 8 s e no Inverno são os de 10 a 12 s.

---

<sup>3</sup> O Instituto Hidrográfico dispõe de 3 bóias na costa: Leixões, Sines e Faro, sendo a primeira a mais próxima e mais representativa da zona em estudo.

---



**Figura 3.3 | Rosa de rumos com a representação das classes de direcção de ondulação (dados do IH para a bóia de Leixões, recolhidos entre 1993 e 2003; Adaptado de Coelho, 2005)**

Os registos da bóia de Leixões apenas apresentam dados de direcção de ondulação a partir de 1993. O estudo realizado por Coelho (2005), permite observar que o quadrante predominante é o de Noroeste (Figura 3.3), com 88,4% dos registos situados nos quadrantes NNW, NW e WNW. O somatório das ondas provenientes de Sudoeste é apenas 3,9 % do total dos registos. A definição dos quadrantes foi realizada separando cada sector em ângulos de 22,5°, centrados na direcção que deu o nome à classe.

### 3.1.6 Usos económicos e outras condicionantes

Toda a costa portuguesa, nomeadamente toda a ZEE, é atravessada por corredores de navegação de tráfego marítimo, alguns dos quais são zona de passagem obrigatória da maior parte do tráfego marítimo do Norte da Europa. Segundo dados da bibliografia, ao longo dos corredores nacionais navegam diariamente, em média cerca de 200 navios, transportando mais de 500 toneladas de mercadorias diversas. Frequentemente os navios utilizam rotas mais próximo da orla costeira, saindo fora dos corredores de tráfego marítimo (Dias, 2003).

Além dos corredores de tráfego marítimo de passagem na Zona Económica Exclusiva (ZEE), existem também corredores de acesso aos vários portos da costa portuguesa. Se em Portugal os principais portos são o de Leixões, Sines e Lisboa, e portanto distantes da zona piloto, os mais próximos, Figueira da Foz, Nazaré e Peniche, embora



significativamente mais pequenos estão mais vocacionados para os transportes marítimos de curta distância e para as actividades de pesca e recreio (Dias, 2003).

Do porto de Peniche, da Nazaré e da Figueira da Foz saem muitas embarcações para praticar a pesca de arrasto, muito característica na costa nacional. Segundo a legislação portuguesa a pesca por arrasto de fundo, não pode ser exercida a menos de 6 milhas da costa. Este tipo de pesca caracteriza-se por utilizar artes de arrasto de média a grande dimensão, sempre rebocada por uma embarcação.

A pesca de arrasto pode ser realizada recorrendo a redes de emalhar de fundo (constituída por um só pano, junto ao fundo) ou a redes de tresmalho de fundo (constituída por três panos, dois exteriores de malhagem grande e um interior de malhagem mais apertada) mantidos também junto ao fundo (Afonso-Dias et al., 2007).

O cerco é também um tipo de pesca de arrasto realizado com o auxílio de uma ou mais embarcações, pois é necessário que se descreva uma trajectória circular com as redes, capturando assim as presas (Afonso-Dias et al., 2007).

A ganchorra é uma variação da pesca de arrasto caracterizada por ser uma arte de arrasto de pequena ou de média dimensão. Destina-se à captura de bivalves que são retidos numa grelha metálica, ou num saco de rede e não pode ser realizada a profundidades inferiores a 2,5 m. Em áreas concessionadas durante a época balnear, as embarcações não podem exercer esta actividade a menos de 300 m da linha de costa (Afonso-Dias et al., 2007).

Nas pequenas localidades próximas da área de estudo, nomeadamente em Pedrogão e Vieira de Leiria, realiza-se uma actividade associada à pesca de arrasto designada por “arte xávega”. A arte xávega consiste na pesca de arrasto organizada em “companhas” (denominação atribuída ao conjunto de pescadores e embarcação) durante os meses de Março a Outubro, sendo a melhor época da actividade nos meses de Julho e Agosto. Se no passado as embarcações eram a remos, actualmente todas as embarcações possuem motor, contudo não atingem grandes distâncias à costa (Afonso-Dias et al., 2007).

Outro dos usos económicos decorrentes do espaço marítimo é o petróleo. Embora não haja produção de petróleo em Portugal têm sido realizadas prospecções para avaliar o recurso energético disponível no país. Várias concessões têm sido atribuídas ao longo dos anos, contudo, no final de 2006 apenas uma companhia se mantinha activa em



Portugal, a Mohave, encontrando-se a realizar sondagens na região de Torres Vedras. Foi também esta companhia que foi responsável pelas sondagens realizadas na zona de estudo. Como se pode ver, na Figura A.2 do Anexo A, apresentam-se as áreas atribuídas a cada companhia e na Figura A.1 do mesmo anexo apresentam-se a localização das sísmicas e das sondagens realizadas (DGEG, 2009).

### 3.1.7 Ecologia

A zona piloto não se encontra abrangida por nenhum estatuto de protecção no âmbito da conservação da natureza, contudo, a cerca de 60 km de distância, a Sudoeste, encontra-se a reserva natural das Berlengas. Devido às restrições de utilização da área da ilha das Berlengas, estas representam um local de grande importância para a conservação de biodiversidade marinha.

O estatuto de reserva natural foi atribuído, sobretudo, devido à diversidade de aves marinhas nidificantes e migradoras, que utilizam a ilha como refúgio durante os períodos migratórios. Entre estas, encontram-se espécies de elevado interesse para a conservação como o airo (*Uria aalga*) e pardela-de-bico-amarelo (*Calonectris diomedea*). Não obstante, a área de protecção das Berlengas abrange a faixa costeira a todo o seu perímetro, incluindo um pequeno grupo de ilhéus localizados a norte da ilha designados por Farilhões. Assim, a reserva natural das Berlengas constitui um santuário para as espécies de organismos marinhos e apresenta ricas e abundantes comunidades de peixes, macroalgas, moluscos, artrópodes marinhos, cnidários e espongiários (SPEA, 2008).

A zona piloto é abrangida por uma IBA Marinha, isto é uma Área importante para as Aves Marinhas (ou em Inglês *Important Bird Areas*). Estas são áreas designadas segundo critérios objectivos definidos pela *BirdLife International* em função do estatuto de ameaça das espécies de aves que as utilizam. O objectivo final da identificação das IBAs é conseguir que essas áreas venham a ser classificadas como estatuto de protecção legal nacional ou internacional (SPEA, 2008).

Em Portugal os projectos de identificação de áreas existentes e a elaboração das propostas a IBAs marinhas têm vindo a ser realizados pela Sociedade Portuguesa para o

Estudo das Aves (SPEA) e por parceiros Europeus no âmbito dos projectos LIFE–Natureza, financiados pela União Europeia.

A IBA da Figueira da Foz (Figura 3.4) é definida pela presença de uma ave globalmente ameaçada, a Pardela-baleiar que ocorre preferencialmente em zonas costeiras de baixa profundidade. A ave utiliza geralmente esta área durante o Inverno, como área de alimentação e repouso.

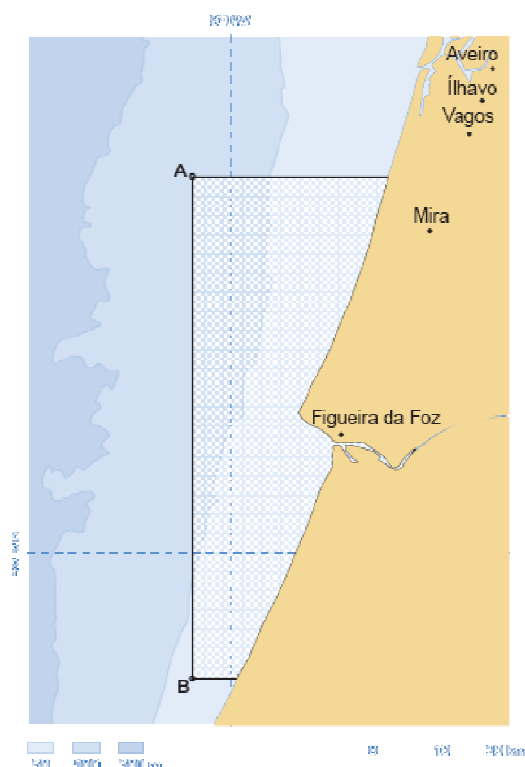
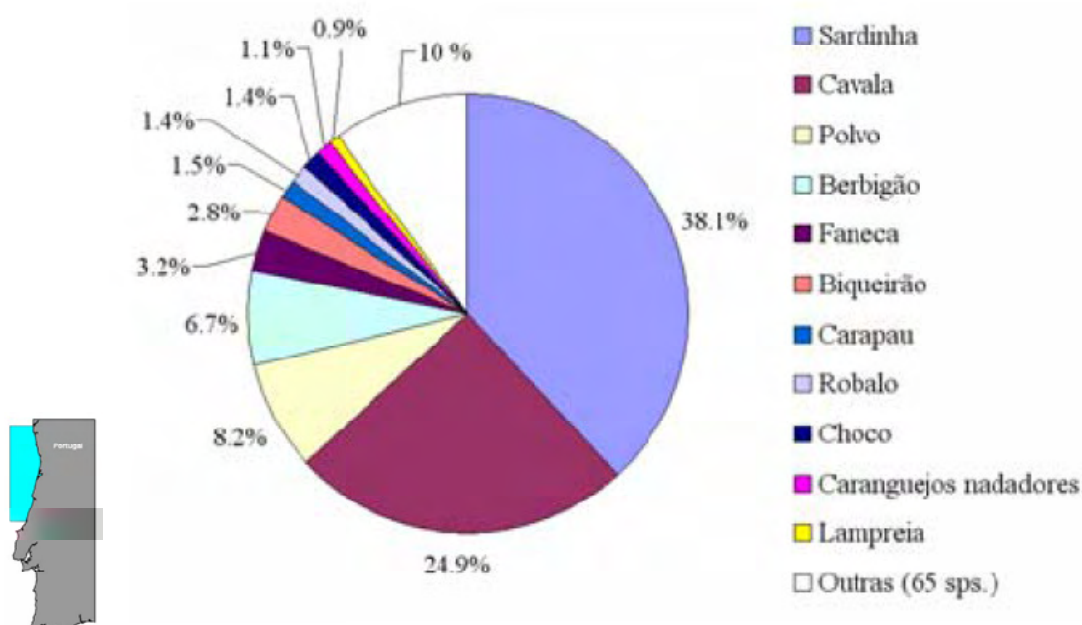


Figura 3.4 | Delimitação IBA da Figueira da Foz (SPEA, 2008)

É também comum ao longo de toda a costa portuguesa a observação de mamíferos marinhos. Actualmente a espécie com estatuto de vulnerabilidade mais acentuado, atribuído pelo IUCN, é o boto (*Phocoena phocoena*). Na costa portuguesa o seu estatuto é contudo indeterminado. Encontra-se protegido pela Conservação de Berna (Anexo II da Convenção de Berna) e está citado no Anexo B–II da Directiva Habitats, tornando o boto numa Espécie de Interesse Comunitário, cuja conservação exige a designação de Zonas Especiais de Conservação. Esta espécie tem sido observada próximo da zona costeira, entre os 5 e os 20 m de profundidade e também em baías e estuários. Na zona de Aveiro – Figueira da Foz conhecem-se núcleos populacionais, havendo uma grande concentração

de observações na zona entre Mira e São Pedro de Moel. O maior factor de ameaça é a pesca, uma actividade intensamente praticada na zona (Safesea, 2009).

Ironicamente, a pesca, uma das maiores ameaças a muitos grupos faunísticos faculta também grande parte da informação actualmente disponível sobre fauna marinha, nomeadamente sobre a ictiofauna existente. De acordo com o programa nacional de recolha de dados de pesca, na zona norte e centro do país as espécies mais capturadas são a sardinha, a cavala, o polvo e o berbigão, como se pode ver na Figura 3.5 (Afonso-Dias et al., 2007).



**Figura 3.5 | Espécies mais capturadas na zona centro e norte com base na proporção das capturas em peso (adaptado de Afonso-Dias et al., 2007)**

As artes de pesca usualmente utilizadas para captura da sardinha são a pesca do cerco, enquanto a cavala é essencialmente pescada por arte xávega e o polvo por armadilhas de gaiola (Afonso-Dias et al, 2007).

Na zona costeira contígua à ZP, toda a faixa se encontra em área protegida como Reserva Ecológica Nacional (REN), devido ao famoso Pinhal de Leiria e Mata Nacional do Urso. A caracterização da flora existente nesta zona foi realizada recorrendo à carta Ecológica de Portugal. Esta baseia-se na floresta climática onde são consideradas espécies florestais ou arborícolas, indicadoras do clima e também em índices de caracterização termo-pluviométricos. De acordo com esta classificação ecológica de Albuquerque (1954), a

zona de estudo situa-se na zona ecológica Fitoclimática Atlântica, Mediterrâneo-Atlântica, de nível basal inferior aos 400 m. A caracterização autófitica desta zona ecológica caracteriza-se por comunidades florestais de folhas perenes muito cutinizadas geralmente designadas por formações de esclerófilas, como os seguintes elementos: *Castanea sativa* (Castanheiro), *Olea europae* (Oliveira), *Pinus pinaster* (Pinheiro Bravo), *Pinus pinea* (Pinheiro Manso), *Quercus robur* (Carvalho Roble), *Quercus suber* (Sobreiro).

### 3.2 Caracterização da infra-estrutura a instalar

Os projectos criados no Reino Unido, quer já existentes, EMEC, quer o projecto em fase de construção do Wave Hub, são boas referências para o que se pretende criar em Portugal.

Do Decreto-Lei 5/2008, de 8 de Janeiro, que define o regime jurídico da ZP, é referida para a zona uma potência de 250 MW para a Rede nacional de transporte e de 80 MW para a rede nacional de distribuição. A potência global atribuída à ZP apresenta-se dividida segundo três regimes de acesso referidos no mesmo Decreto-Lei, e as potências máximas atribuídas a cada regime e por promotor, são referidas no Decreto-Lei 225/2007, de 31 de Maio. Como se pode ver na Tabela 3.2 o regime de demonstração de conceito apresenta uma potência global de 20 MW, sendo que neste regime cada promotor não pode licenciar mais do que 4 MW.

**Tabela 3.2 | Regimes de acesso à ZP e potências máximas de ligação**

Regime de Acesso	Potência por promotor (MW)	Potência global (MW)
Demonstração de Conceito	4	20
Pré-Comercial	20	100
Comercial	Em função da potência mundial	

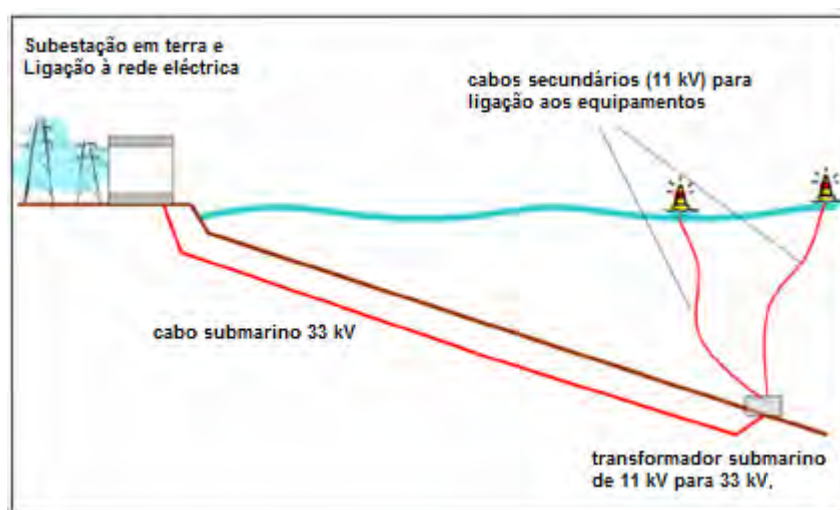
Novamente, à imagem dos exemplos internacionais de infra-estruturas europeias de testes, apresentados anteriormente em 2.2.4, em que a potência máxima prevista actualmente para ligação à rede não ultrapassa os 20 MW, será sensato assumir para a ZP, numa fase inicial que apenas sejam atribuídos 20 MW divididos nos regimes de Demonstração de Conceito e Pré-Comercial (Wave Energy Centre, 2009). Futuramente e numa lógica modular, as infra-estruturas serão ampliadas para facultarem potências superiores de ligação à rede.



Como forma de exercício preditivo sobre as infra-estruturas de acesso à ZP, optou-se por aplicar na zona os exemplos internacionais que são actualmente os mais viáveis a nível mundial para transporte de energia de um parque de energia das ondas até uma subestação em terra. Como tal, foram desenvolvidas duas abordagens, uma baseada no projecto Wave Hub e outra baseada no projecto em desenvolvimento no EMEC. Não foram tidos em conta nesta análise as definições técnicas dos equipamentos.

Num cenário para a ZP idêntico ao realizado no Wave Hub (Figura 3.6), prevê-se a colocação de um cabo desde a costa até à zona piloto, com um TDU, e vários PCUs. O canal de passagem do cabo deverá, à imagem do Wave Hub ser projectado com alguns quilómetros de comprimento e pelos menos 10 m de largura na zona intertidal e 5 m para o canal criado no fundo do mar. Na zona das dunas seria preferível que o cordão dunar fosse perfurado ao invés de abertas valas para colocação do cabo (Halcrow, 2006).

No Wave Hub, prevê-se que os 4 PCU e o TDU sejam colocados com âncoras assentes numa placa com espigões que se instalam no fundo do mar, ocupando em conjunto, os 4 PCU e o TDU, uma área de 25 m<sup>2</sup> (Halcrow, 2006)



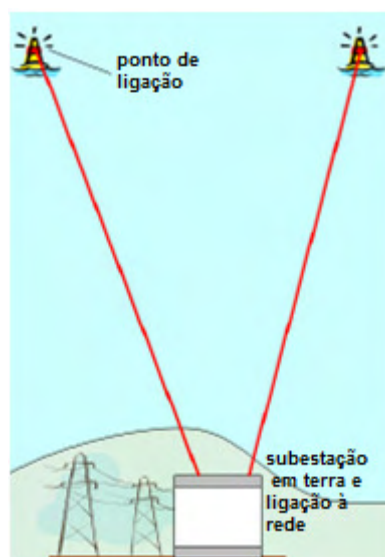
**Figura 3.6 | Esquema do Wave Hub (Adaptado de Halcrow, 2005)**

Para segurança da navegação, será criado um corredor de 500 m de largura para a passagem do cabo.

Um cenário como o do EMEC é também possível para a ZP (Figura 3.7). Este, embora tecnicamente mais simples, apresenta vários inconvenientes dado que teriam de ser criados vários corredores de acesso, consoante os parques de ondas licenciados para a zona piloto. Um dos pontos menos favoráveis associado à criação de vários corredores é



a respectiva colocação de vários cabos submarinos, com os impactes conhecidos a nível da área afectada e a respectiva destruição da fauna bentónica.



**Figura 3.7 | Representação esquemática do transporte de energia no EMEC (Adaptado de Halcrow, 2005)**

A localização do corredor de acesso à ZP será definida de acordo com as restrições de uso na área, tendo em conta, os impactes no local, a rede eléctrica terrestre, e a distância a terra por forma a diminuir o custo do cabo eléctrico submarino.

Na Tabela 3.3 apresentam-se os valores indicativos do orçamento do Wave Hub, do EMEC para o cabo submarino e sua instalação e para os equipamentos que é necessário colocar em mar. Dado que no caso do EMEC não há equipamentos directamente afectos à infra-estrutura, em mar, não há dados a contabilizar neste ponto. Os valores são baseados no Estudo de fiabilidade do Wave Hub (Halcrow, 2005) e obtidos também por contactos directos com empresas de cabos submarinos.

**Tabela 3.3 | Orçamentos de referência para o cabo submarino (Halcrow, 2005)**

	Wave Hub	EMEC
Cabo submarino	100000 €/km	
Instalação cabo submarino	120689 €/km	
Equipamentos (PCU, TDU, etc...)	4 000 000 €	Não contabilizados

Nesta análise não se contabilizou o custo associado às infra-estruturas em terra, como a subestação, pois estes valores podem ser variáveis, dependendo da construção de uma subestação nova, ou aproveitamento de uma já existente. Ainda assim, numa análise mais aprofundada estes dados deverão ser tidos em conta.



## **4 Definição da localização do corredor de acesso**

### **4.1 Metodologia utilizada**

Neste subcapítulo pretende-se descrever a metodologia utilizada para determinar qual o melhor local para colocação da infra-estrutura de acesso à ZP. Assim, após a caracterização da área envolvida pelo projecto e da infra-estrutura a instalar, realizada em 3, a definição da melhor localização do corredor de acesso dependerá das utilizações da área e dos constrangimentos associados ao mesmo.

Para a análise de todos os constrangimentos existentes, toda a informação relevante, e acessível em formato cartográfico foi utilizada, através do software ESRI ArcGis 9.3, um software para sistemas de informação geográfica (SIG). A informação obtida foi reunida numa base de dados e posteriormente foram produzidos mapas com os vários parâmetros considerados. A análise destes mapas encontra-se descrita em 4.2 – Identificação dos conflitos.

Após a identificação dos parâmetros que poderão ser considerados conflituosos com a implementação do corredor de acesso, tornou-se necessário definir uma ordem de importância para os conflitos em função do projecto que se pretende implementar.

À imagem do estudo realizado por Candelária (2008), em que a cada factor foi atribuído um grau de significância, usando um esquema de cores, optou-se por realizar uma

análise semelhante. A cada parâmetro definido em 4.2, foi atribuído um grau de significância, com base na intensidade com que o factor poderia ser considerado uma restrição, de acordo com a seguinte definição:

- Transparente: área em que não existe conflito, ou é baixo o suficiente para ser ignorado. Numericamente estas áreas classificam-se com o valor 0.
- Amarelo: área em que existem algumas restrições que devem ser tidas em conta. Numericamente estas áreas classificam-se com o valor 1.
- Laranja: área em que existem restrições significativas cuja coexistência com o projecto é difícil mas possível. Estas restrições devem sofrer uma avaliação mais aprofundada antes da implementação. Numericamente estas áreas classificam-se com o valor 100.
- Vermelho: área em que o conflito é máximo, a coexistência de usos impede a implementação do projecto. Numericamente estas áreas classificam-se com o valor 1000.

Após avaliar cada parâmetro em função de um grau de significância, a zona de estudo foi subdividida num mosaico, e cada unidade do mosaico foi preenchida com a cor correspondente ao grau de significância atribuído.

Finalmente, foi realizada geograficamente a sobreposição de todas as utilizações para identificar as localizações com menos restrições, usando as ferramentas SIG.

Todas as restrições existentes foram identificadas por uma cor e um número, sendo que a transparência na grelha corresponde a áreas onde não existem conflitos, ou foram ignorados por abrangerem equitativamente toda a zona de estudo, e as zonas a vermelho correspondem a um conflito que torna impossível a colocação do corredor de acesso na área. Esta análise pode ser encontrada no ponto 4.3 – Análise de Conflitos.

Após a avaliação dos mosaicos obtidos, foram criados 3 cenários geográficos possíveis para colocação do corredor de acesso. Este exercício de previsão pode ser encontrado em 4.4 – Definição da Infra-estrutura.

Após a criação de cenários para a localização geográfica do corredor de acesso, também se apresenta uma breve discussão sobre qual a melhor infra-estrutura a colocar: uma

---



estrutura semelhante à usada no Wave-Hub, ou uma infra-estrutura baseada na filosofia do EMEC.

## 4.2 Identificação de conflitos

A zona piloto encontra-se entre as águas interiores e o mar territorial, como já foi referido em 3.1.1. A delimitação entre os dois domínios é realizada pela linha de base recta que atravessa a zona piloto a noroeste do polígono, como se pode ver na Figura 4.1. É delimitada a Este, pela batimétrica dos 30 m, encontrando-se, em linha recta a aproximadamente 4 a 6 km de distância de terra. É visível pela figura que a ZP termina antes de atingir os 100 m de profundidade.

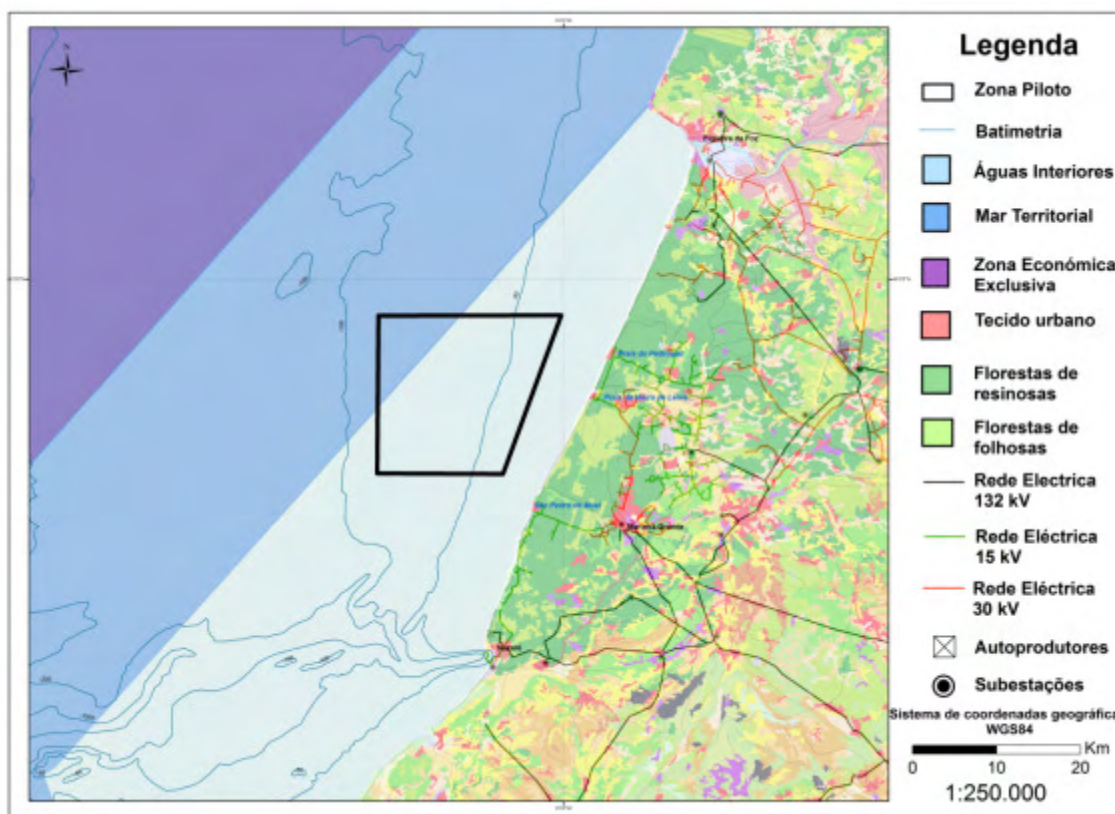


Figura 4.1 | Enquadramento da zona piloto

Na Figura 4.1 é também possível observar os usos de solo atribuídos na zona costeira próxima da ZP. Assim, na orla costeira entre a Praia do Pedrogão e São Pedro de Moel o terreno é essencialmente ocupado com florestas de resinosas, consideradas Reserva Ecológica Nacional – Pinhal de Leiria e Mata Nacional do Urso, à excepção dos três

núcleos urbanos existentes na área. Na mesma figura é possível observar a rede eléctrica existente na zona. Como já referido em 3.1.2, as três localidades costeiras encontram-se servidas por linhas de distribuição de média tensão de 15 kV. A Praia da Vieira e São Pedro de Moel encontram-se mais próximas da rede eléctrica de 30 kV, que liga depois a uma subestação e consequentemente à rede eléctrica de alta tensão.

Foi também analisada informação relacionada com a conservação da Natureza no espaço marítimo (Figura 4.2), nomeadamente, os constrangimentos relacionados com as aves, os cetáceos e as pescas.

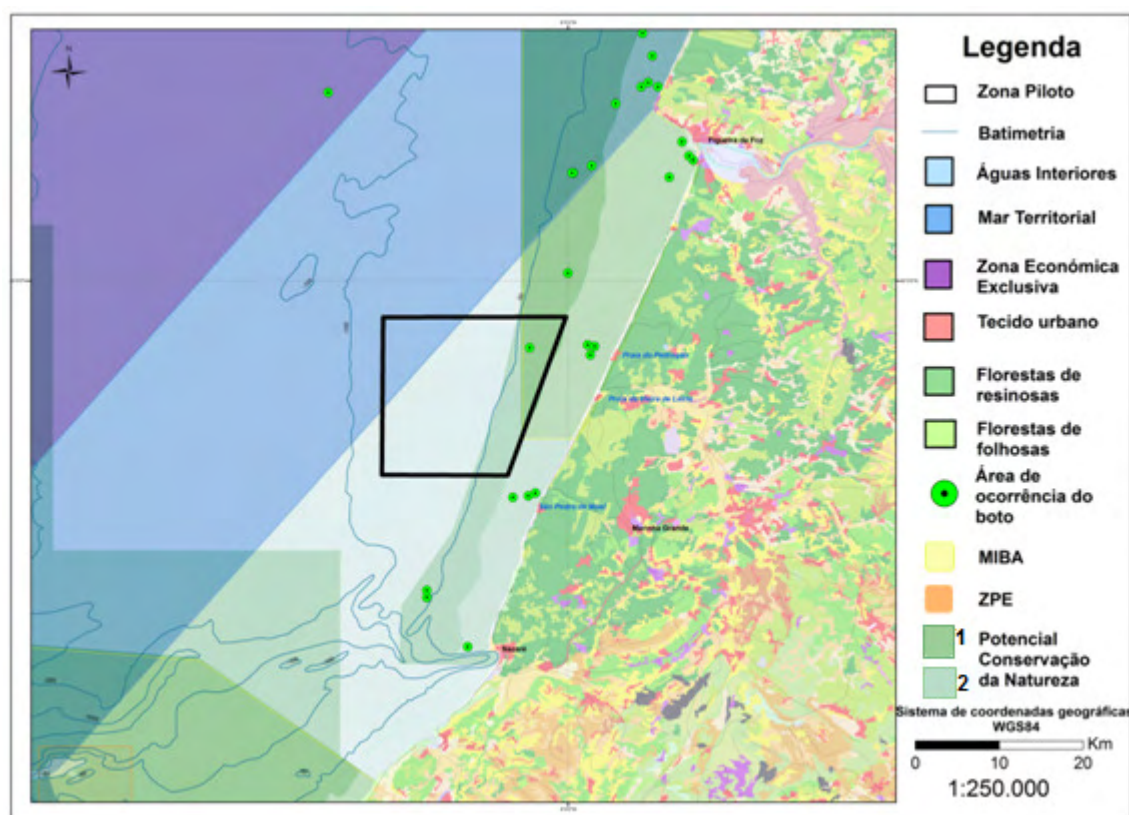


Figura 4.2 | Conflitos de uso com a conservação da natureza<sup>4</sup>

Em relação às aves verifica-se que existe na convergência com a área de estudo uma *Marine Important Bird Area* (MIBA), como já referido em 3.1.7. A mesma área da MIBA é também considerada como uma área com potencial para a conservação da Natureza pelo que se apresenta com uma cor verde escura. A área a sul da MIBA, entre a batimétrica dos

<sup>4</sup> Na legenda: Potencial Conservação da Natureza refere-se a:

1. Áreas Classificadas – Inclui áreas protegidas, áreas da Rede Natura 2000, e áreas designadas pela *BirdLife Internacional*, como *Important Bird Areas*

2. Áreas a classificar – inclui áreas passíveis de classificação, pelos seguintes motivos: existência de espécies ou habitats protegidos, montes submarinos, canhões submarinos e embocaduras dos rios Vouga, Minho, Lima, Âncora, Guadiana e Mira.



50 m e a margem costeira, aparece assinalada com um verde esbatido, que como se pode ler, é sinónimo de área passível a ser classificada como potencial para Conservação da Natureza. A Zona de Protecção Especial (ZPE) mais próxima da zona de estudo encontra-se nas Berlengas.

Na zona há também alguns avistamentos de Botos (*Phocoena phocoena*), que se encontram marcados na Figura 4.2. Se, no passado, esta espécie foi considerada muito abundante ao longo de toda a costa, chegando a ser observada em baías e estuários, actualmente os animais são observados em grupos muito reduzidos, não havendo registos recentes da sua presença em estuários. São conhecidos alguns núcleos populacionais nos troços Aveiro – Figueira da Foz.

Os dados obtidos para os hábitos, locais e tipos de pesca podem ser encontrados nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6. Das espécies mais pescadas na área de estudo, referidas em 3.1.7, sardinha, cavala, polvo e berbigão, só existem dados disponíveis para a sardinha e para a cavala (Figura 4.3 e 4.4).

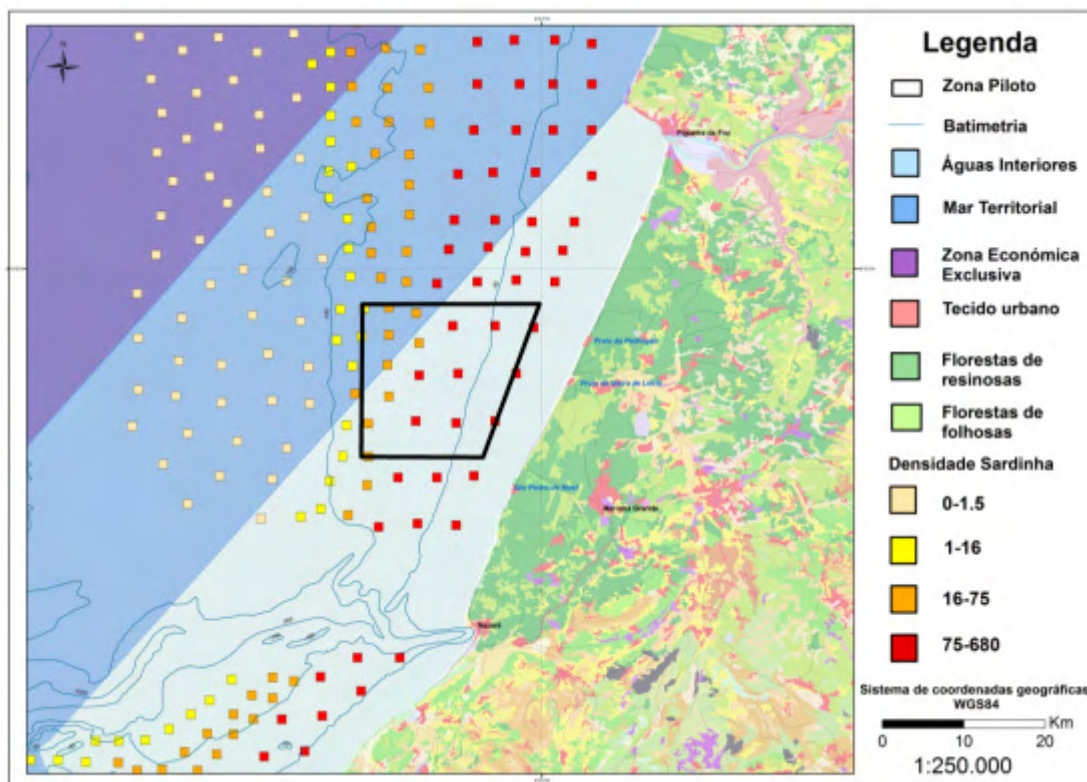
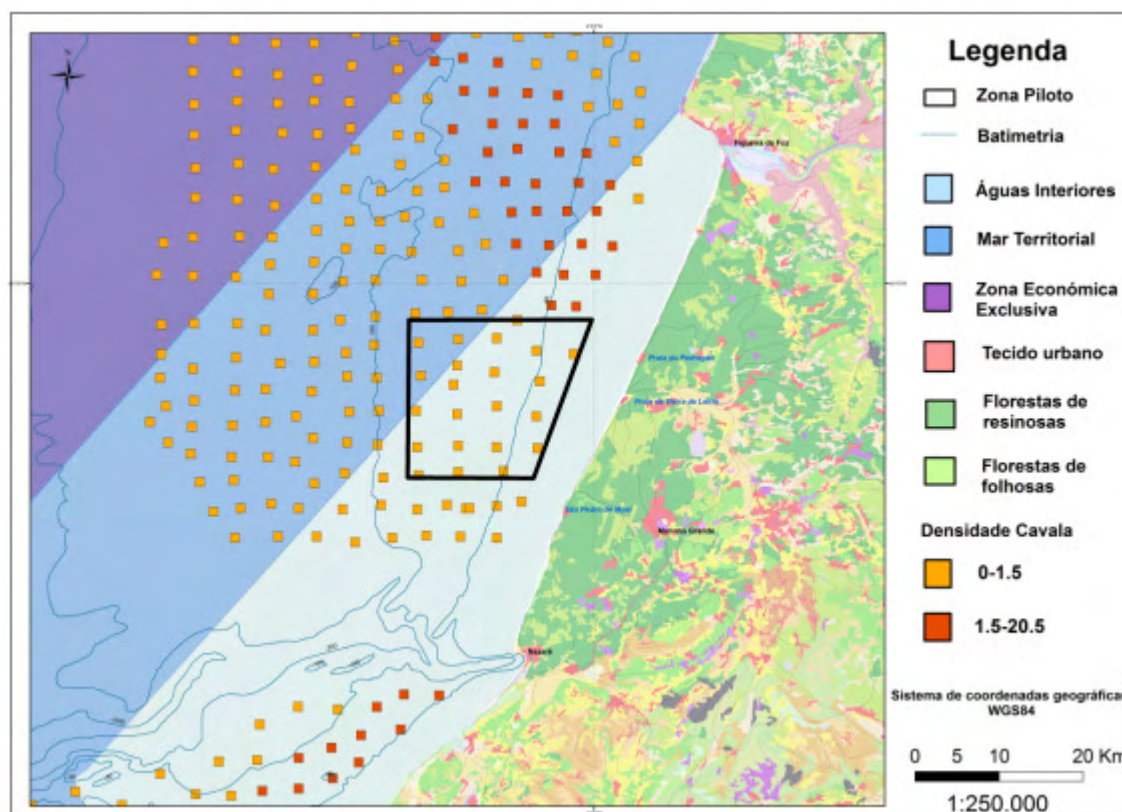


Figura 4.3 | Densidade de Sardinha



A densidade de sardinha é bastante elevada, apresentando a escala máxima em grande parte da zona piloto. Para a cavala a densidade não é tão elevada, encontrando-se toda a ZP abrangida pela mancha de densidade de 1,5 a 20,5. A norte da ZP, ao largo da Figueira da Foz encontra-se uma área que de acordo com a escala de cores corresponde a uma área com maior densidade de pescado.



**Figura 4.4 | Densidade Cavala**

Finalmente em relação aos tipos de pesca praticados na zona, visíveis na Figura 4.5, o cerco é a arte de pesca mais praticada na área, juntamente com a pesca de arrasto, mais evidente a Nordeste da ZP, para o arrasto a crustáceos e a Sudoeste para o arrasto a peixe. A pesca ao cerco é mais vocacionada para a pesca da sardinha, do carapau, da cavala e da sarda. A pesca de arrasto de peixes captura usualmente carapau, verdinho e polvo e o arrasto a crustáceos é direccionado para o lagostim, o camarão e a gamba. Segundo o Plano Estratégico Nacional para as Pescas (2007–2013), as espécies pescadas com cerco apresentam um *stock* estável, isto é, a sua exploração encontra-se dentro dos limites biológicos de segurança. Ao invés, o lagostim e o verdinho encontram-se sobre explorados e o carapau encontra-se no limite biológico da sua exploração (DGPA, 2007).



Do Decreto-Lei nº5/2008 de 8 de Janeiro, considera-se interdita a pesca no interior do polígono da ZP e no corredor de acesso à mesma. Contudo, na zona onde será colocado o corredor de acesso, verifica-se a existência de pesca de cerco e de arrasto a crustáceos. O cerco é uma actividade de maior importância para o sector, já que é responsável pela captura da sardinha, a espécie mais abundante nas águas portuguesas e que constitui a principal matéria-prima disponibilizada pela pesca nacional ao sector da transformação de pescado. Por outro lado, a pesca de arrasto explora recursos que actualmente se encontram sujeitos a planos de recuperação ou gestão, como é o caso do lagostim e da pescada (DGPA, 2007). A Figura 4.5 apresenta-se mais deslocada para Oeste, para facilitar a visualização das áreas atribuídas a cada um dos tipos de pesca.

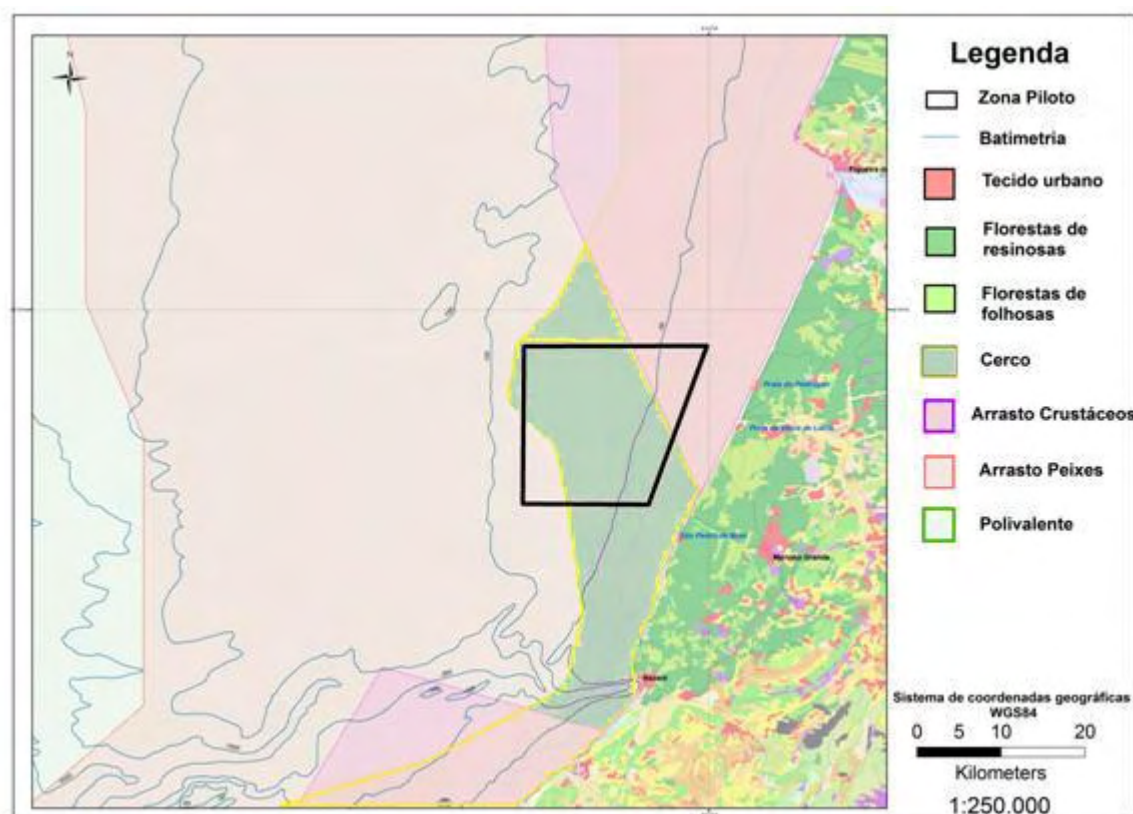
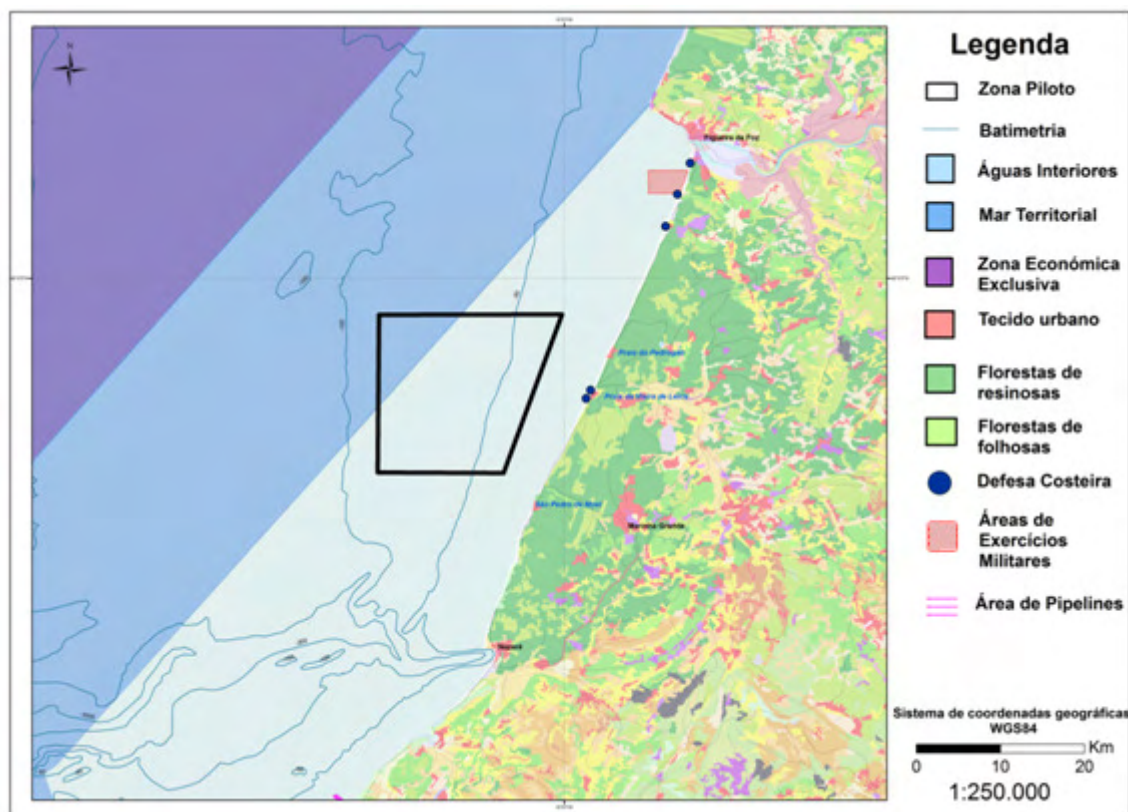


Figura 4.5 | Tipo de pesca

Na Figura 4.6 pode-se observar que a zona piloto não interfere com o espaço marítimo usado para fins militares, nomeadamente as áreas assinaladas para exercícios militares, nem encontra nas suas proximidades sobreposição com linhas de *pipelines*. Na mesma figura estão também indicadas as obras de defesa costeira previamente referidas em 3.1.4.2. Estas obras têm na Praia da Vieira uma expressão mais vincada pois além das intervenções realizadas na praia, também a foz do rio sofreu obras de protecção dos taludes do rio e do cordão dunar da foz.





**Figura 4.6 | Pipelines, Defesa Costeira e Áreas de exercícios militares**

A nível da Navegação e das actividades de Recreio também não foram encontrados conflitos de usos, embora nas proximidades existam algumas áreas reservadas para regatas, e para tráfego marítimo de acesso aos portos, bem como áreas sujeitas às jurisdições portuárias (Figura 4.7). Na figura são também indicados os locais assinalados na cartografia náutica como Fundeadouros. Estes locais são assinalados por serem locais propícios para largar a âncora da embarcação. Normalmente são caracterizados por serem fundos de boa tença (areia, cascalho ou lama), com uma profundidade adequada e pequeno declive, em locais abrigados do vento e das correntes.

Como se nota, existe apenas um fundeadouro na zona, próximo do porto da Figueira da Foz. Também o único local licenciado para realização de manobras de dragas se encontra próximo da Foz do rio Mondego, encontrando-se portanto afastado da ZP e da zona costeira adjacente.

A Figura 4.7 apresenta uma escala maior (1:150000), e mais deslocada para Norte, para permitir a visualização de alguns elementos que não seriam visíveis à escala e localização utilizada nas restantes figuras (1:250000).

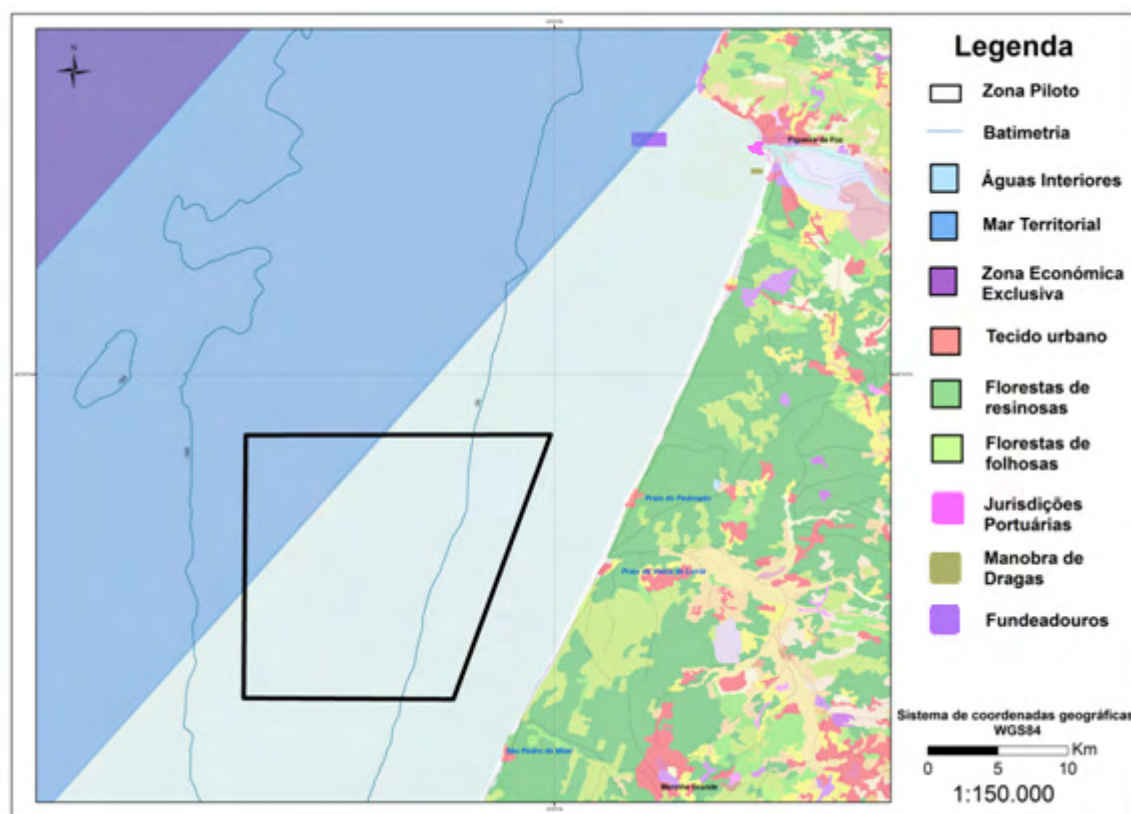


Figura 4.7 | Regatas, áreas de acesso aos portos, jurisdições portuárias, fundeadouros, manobras de dragas

As áreas reservadas aos usos marítimos associados à exploração de energia podem ser encontradas na Figura 4.8, para a energia eólica *offshore* e para a prospecção petrolífera na Figura 4.9. Optou-se nesta figura por retirar as jurisdições associadas a águas interiores, Mar Territorial e ZEE, para facilitar a visualização.

A exploração da energia eólica *offshore*, a ocorrer num 1ª fase, encontra-se bastante próxima do polígono associado à ZP, apresentando uma faixa contígua ao limite Este do polígono, isto é, a batimétrica dos 30 m. Os parques eólicos numa 1ª fase estão atribuídos a regiões junto da costa, para instalação de eólicas com plataforma fixa. A cobertura das regiões estende-se desde a linha de costa até à batimétrica dos 30 ou dos 40 m, consoante os locais (DGEG, 2009).

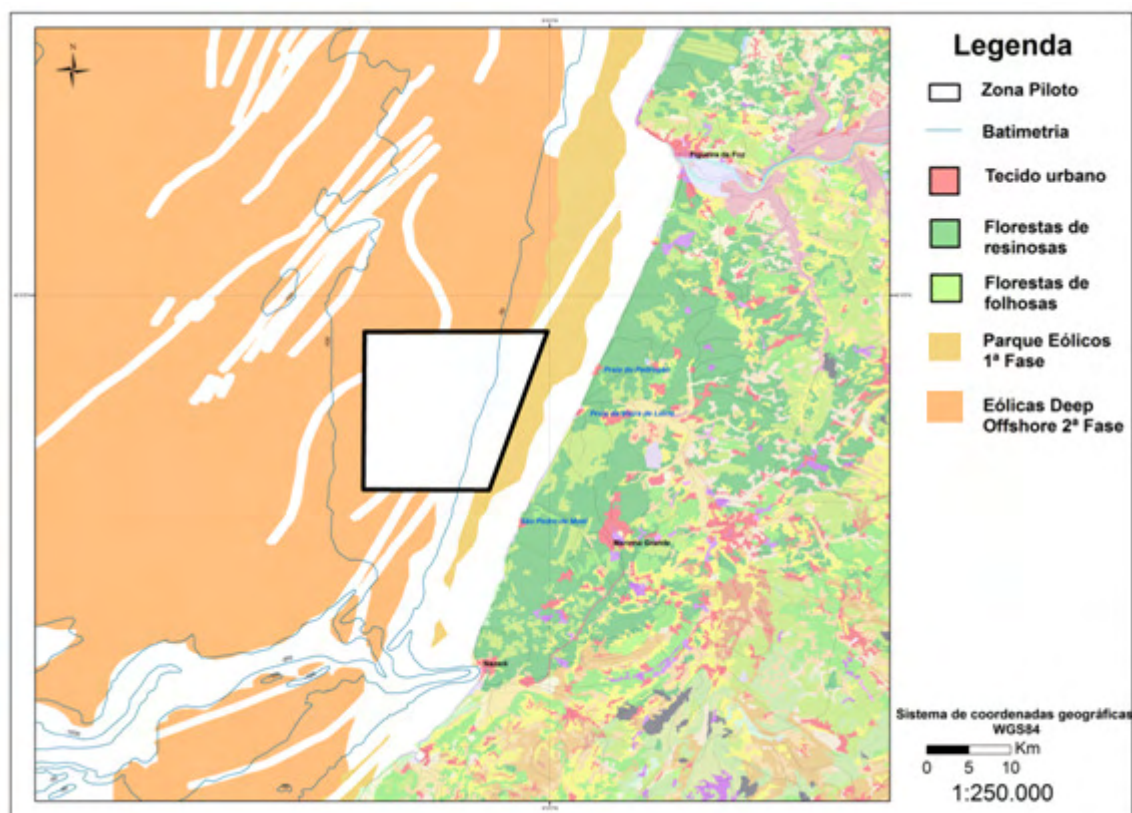
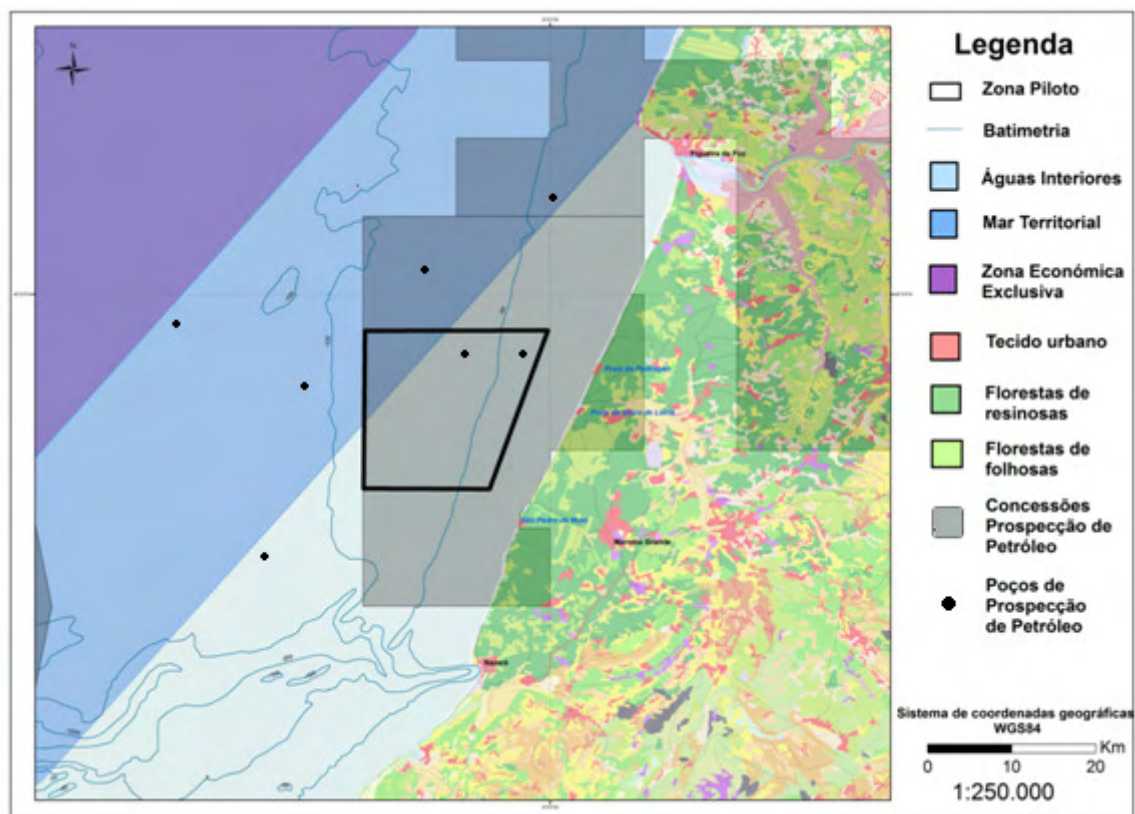


Figura 4.8 | Parques eólicos offshore 1ª e 2ª fase

A eólica *offshore* a maiores profundidades, encontra-se relegada para a 2ª fase de desenvolvimento, e apresenta uma extensa área atribuída para o efeito, ao redor da ZP, contudo, não há conflito directo com a zona piloto. Esta zona foi criada para o desenvolvimento de parques eólicos offshore em plataforma flutuante, uma tecnologia que se encontra menos desenvolvida que as eólicas assentes em plataforma fixa.

A exploração petrolífera na zona é intensa, encontrando-se nas imediações vários locais assinalados como prospecção de poços de petróleo (ver Figura 4.9). Dois dos locais encontram-se mesmo no interior da ZP. Esta zona foi prospectada em 2007 pela empresa *Mohave Oil & Gas Corporation* (DGEG, 2009).

Toda a área envolvente, incluindo o polígono da ZP é considerada como área com potencial para a prospecção petrolífera, já concessionada, adjudicada, ou alvo de interesse, pelo que está sujeita a que novas prospecções petrolíferas sejam realizadas na zona.



**Figura 4.9 | Prospecção Petrolífera**

Finalmente, na Figura 4.10, encontram-se, em resumo, todos os usos que ocorrem na área prevista para a instalação da zona piloto.

Concluindo, dos parâmetros observados nem todos estão em conflito directo com a ZP ou com a zona onde será instalado o corredor de acesso. Na verdade, apenas os parâmetros associados à conservação da natureza, à exploração de outros tipos de energia e às densidades e tipos de pescas encontram conflitos de uso na zona. Na parte terrestre existem conflitos também com as áreas classificadas como protegidas e as obras de protecção costeira. A adicionar a este facto, encontra-se a topologia da rede eléctrica que só encontra subestações em zonas urbanas, como foi visto em 3.1.2.



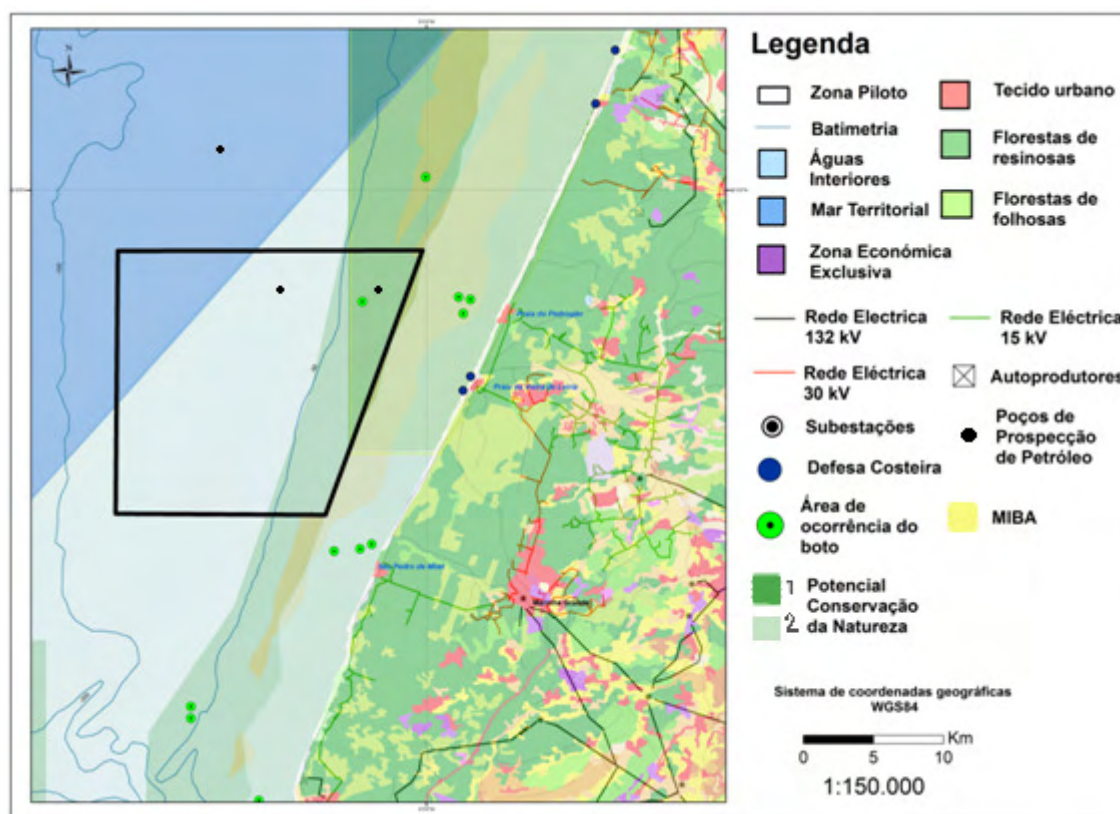


Figura 4.10 | Conflitos de uso com a zona piloto

### 4.3 Análise de conflitos

De acordo com a metodologia referida em 4.1, para analisar os parâmetros que entram em conflito com o corredor de acesso à ZP, foram criadas várias matrizes, um para cada parâmetro analisado. Alguns parâmetros subdividem-se em duas ou mais categorias, como é o caso das pescas que apresentam vários intervalos de densidades e às quais é atribuído mais do que um grau de significância. Os parâmetros e os graus de significância encontram-se na Tabela 4.1. Tendo em conta os dados apresentados procedeu-se à classificação das matrizes de acordo com os graus de significância atribuídos.



**Tabela 4.1 | Síntese dos parâmetros em conflito e respectivo grau de significância**

Parâmetros		Categorias	Graus de significância	Observações
Conflitos com outras utilizações energéticas	Áreas com potencial para a Prospeção petrolífera	Áreas concessionadas, adjudicadas ou alvo de interesse	Não assinalado	É desprezável dado que afecta toda a AE
		Áreas com estudo em sísmica	Não assinalado	
	Poços de Petróleo Prospeção	Locais onde foram realizadas perfurações para prospeção de petróleo	Laranja	-
	Parques eólicos offshore	Colocação de torres eólicas em mar, com estrutura fixa	Amarelo	-
Defesa Costeira		Zonas onde existem obras de protecção costeira	Vermelho	Zonas sensíveis, cujas obras de perfuração poderão ser nefastas
Conflitos ecológicos	Áreas REN	Através da Informação fornecida pelo Corine: Informação e sistema cartográfico para descrição de sítios de importância para conservação da natureza na Europa	Laranja	Reserva Ecológica Nacional: Pinhal de Leiria e Mata do Urso
	Marine Important Bird Areas	Área identificada como importantes a nível nacional e comunitário para a conservação de aves marinhas	Vermelho	-
	Área com potencial para a conservação da Natureza	Áreas já classificadas como de importância comunitária.	Vermelho	-
		Áreas com valores existentes e passíveis de classificação.	Laranja	-
	Área de ocorrência do Boto	Áreas onde ocorreram avistamentos de Botos.	Laranja	Núcleos populacionais avistados na zona.
Conflitos com a actividade pesqueira	Densidade e Espécies Pescadas	Sardinha ZP:16-75	Laranja	. Não ocorre na AE
		Sardinha ZP:175-680	Amarelo	Maiores densidades correspondem a menor restrição de uso
		Cavala ZP: 0-1,5	Nenhum	É desprezável dado que afecta toda a AE
	Tipos de Pesca	Cerco	Amarelo	Pesca a recursos que se encontram estáveis (DGPA,2007)
		Arrasto a crustáceos	Nenhum	Actividade em que alguns dos recursos que explora se encontram nos seus limites biológicos (DGPA,2007)

No Anexo B apresentam-se as matrizes criadas para cada parâmetro individualmente e nas Figuras 4.11, 4.12 e 4.13 apresentam-se agrupadas para as categorias relacionadas com as outras utilizações energéticas, conflitos com a ecologia e defesa costeira e conflitos com utilizações pesqueiras, respectivamente. Optou-se por apresentar estas figuras à escala 1:150000 para facilitar a sua visualização. Na Figura 4.14 apresenta-se o conjunto de todos os parâmetros avaliados e consequentemente todas as grelhas criadas.

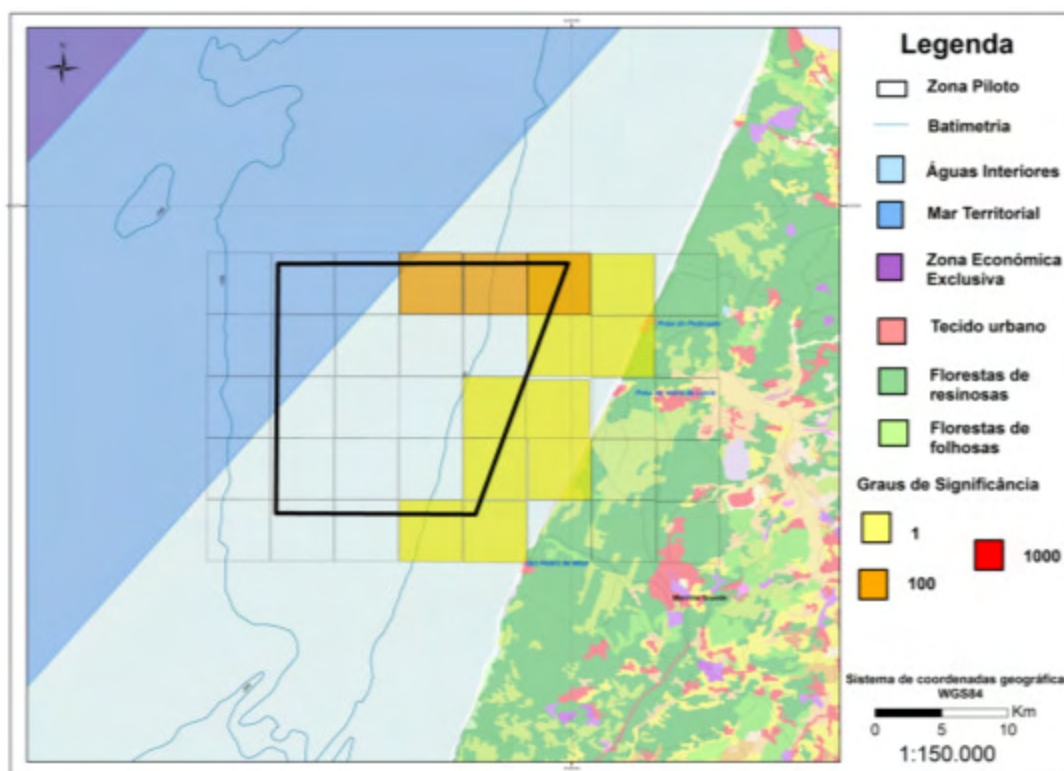


Figura 4.11 | Matriz de conflitos com outros usos energéticos

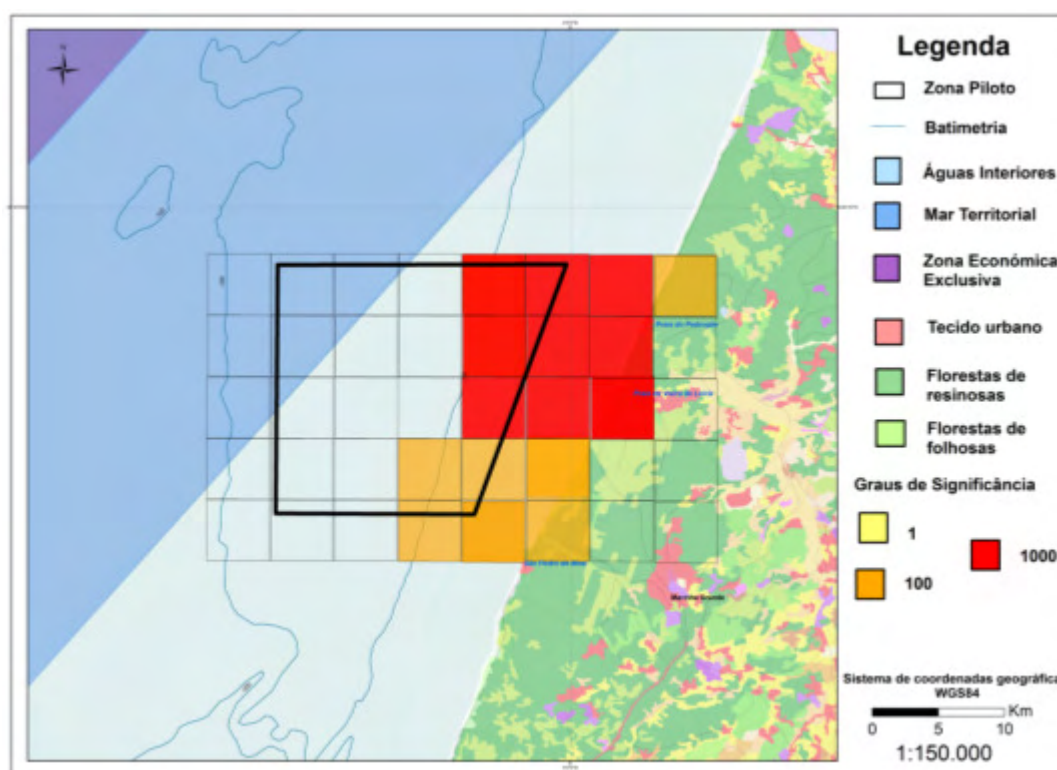


Figura 4.12 | Matriz de conflitos com a ecologia e defesa costeira

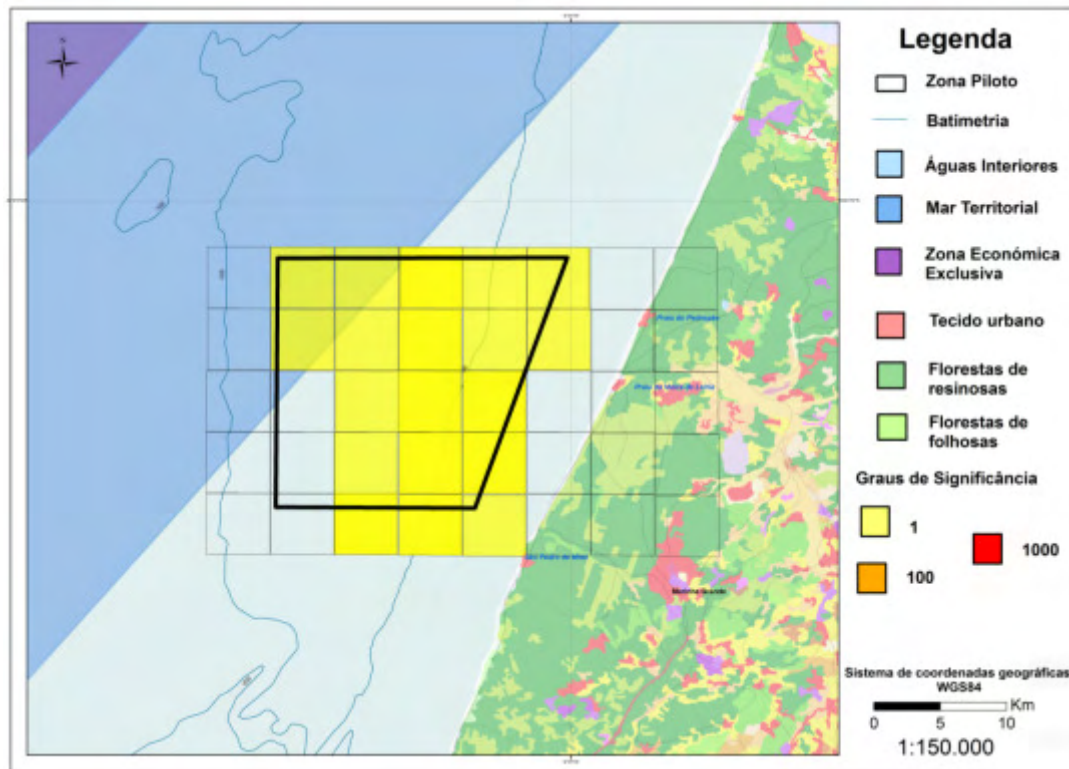


Figura 4.13 | Matriz de conflitos com as actividades pesqueiras

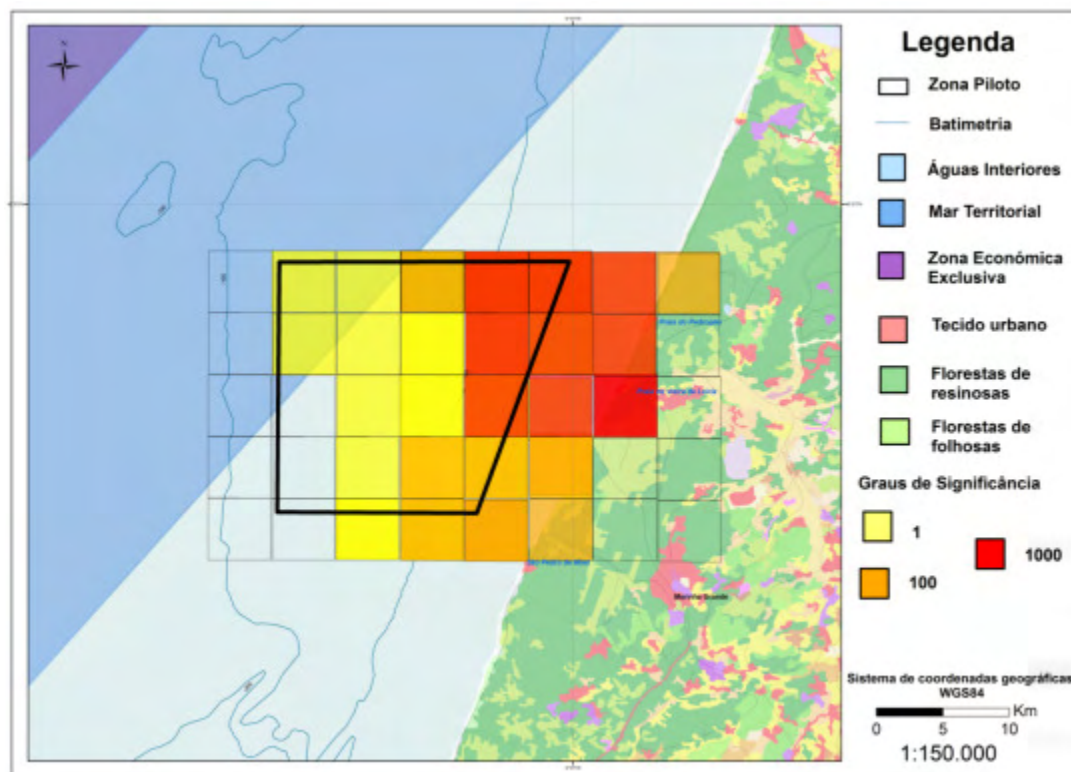


Figura 4.14 | Matriz de conflitos – síntese



Como é visível na imagem e de acordo com a metodologia utilizada, as áreas a vermelho correspondem a zonas onde o conflito é máximo e a coexistência dos usos com a infra-estrutura é impraticável, sendo áreas onde a implementação do projecto é considerada impossível. Da análise dos quadros anteriores é facilmente perceptível que esta zona corresponde a áreas para a conservação da natureza, já referidas anteriormente na Figura 4.2. Assim sendo, o corredor de acesso terá de ser criado na zona mais a sul do polígono da ZP dado que é a zona que não se encontra marcada a vermelho.

#### **4.4 Definição da infra-estrutura**

Partindo dos pressupostos enunciados no capítulo anterior, foram criados três cenários que se baseiam em três localizações possíveis do corredor de acesso da ZP à rede eléctrica, em terra. Além da discussão que será apresentada neste capítulo relativamente à localização geográfica, também será efectuada a comparação entre os dois modelos de infra-estruturas possíveis, semelhantes aos exemplos internacionais: EMEC ou Wave Hub. Novamente optou-se por utilizar uma escala maior (1:150000) para facilitar a visualização do mapa.

Os três cenários criados foram definidos tendo em conta alguns parâmetros relevantes, além dos constrangimentos apresentados no capítulo anterior, como é o caso da distância a terra, ou à rede eléctrica, apresentando-se esquematizados na Figura 4.15, dado que cada corredor configura um cenário (cenário 1, 2 e 3). De acordo com os dados da literatura, os corredores de acesso, apresentam usualmente 500 m de interdição para navegação, embora os cabos submarinos e os equipamentos acessórios não ocupem mais do que alguns metros de largura (Halcrow, 2006).

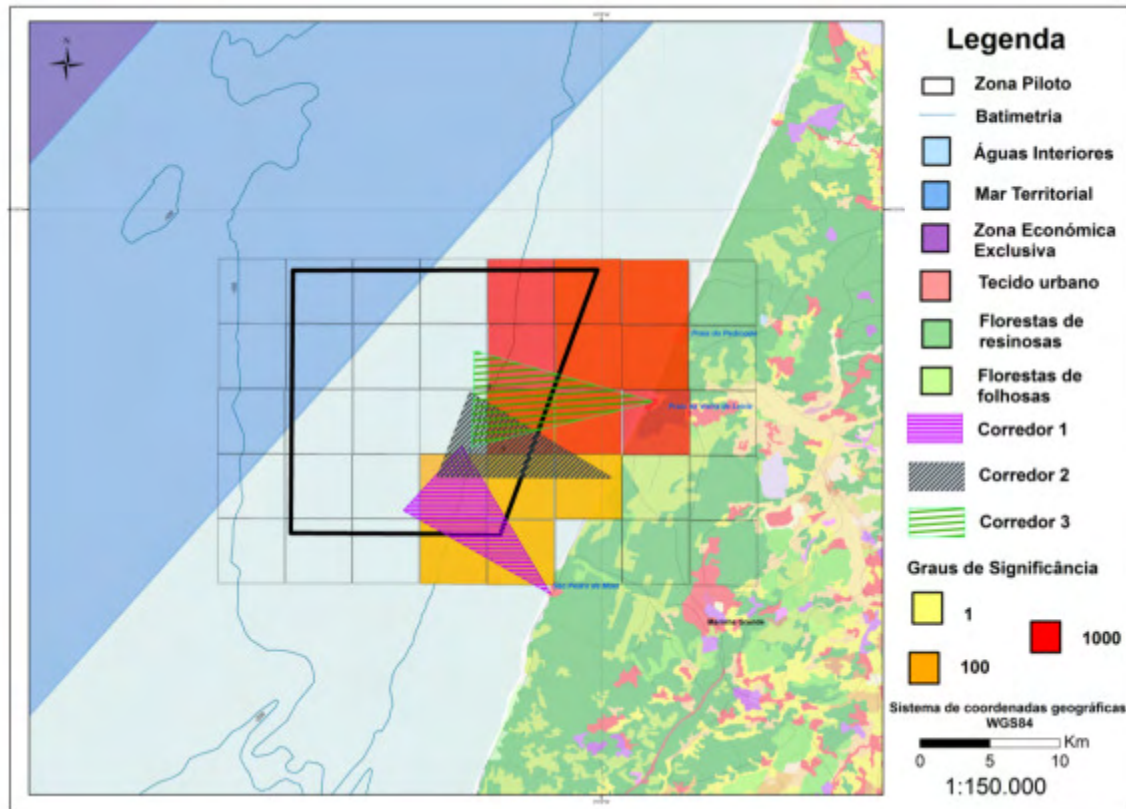


Figura 4.15 | Localização esquemática dos corredores criados

Na Tabela 4.2 apresenta-se a comparação dos cenários para a distância a que se encontram da ZP e também da batimétrica dos 50 m. Uma vez que a maioria dos dispositivos apresenta a sua profundidade de instalação entre os 30 e os 50m, admite-se que estas sejam as batimétricas mais relevantes a ter em conta na análise.

Tabela 4.2 | Comparação de distâncias para os cenários

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Distância início ZP	5,10 Km	4,50 Km	5,15 Km
Distância a batimétrica 50 m	8,50 Km	7,80 Km	9,00 Km
Distância à rede eléctrica a partir de terra	-	5,00 km	-

No cenário 1 apresenta-se um corredor que parte de São Pedro de Moel e se dirige para a zona piloto, evitando a zona de maiores conflitos. Este cenário não apresenta restrições significativas, embora atravesse uma área com potencial para a conservação da natureza, e alguns locais onde é usual observar populações de botos. Em terra, a zona de São Pedro de Moel é caracterizada pelas arribas, o que poderá dificultar a instalação do cabo até atingir a subestação, ou restringir os locais de passagem do cabo na zona balnear, o que se torna um conflito com a utilização habitual do local. Neste caso, o cabo terá de ser

enterrado até atingir a subestação e as obras de instalação deverão decorrer preferencialmente no Inverno, ou pelo menos fora do período balnear.

O cenário 2 parte de uma zona em terra, onde não se encontra nenhuma população e por esse motivo, não existe nenhum posto de transformação de energia eléctrica no local, pelo que teria de ser criado um propositadamente para receber a energia proveniente da ZP. Dado que a zona se encontra no domínio REN, e apresenta um estatuto de preservação dos valores biofísicos relevantes, a construções na zona, nomeadamente para a passagem do cabo e posto de transformação terão de ser autorizadas pelas autoridades competentes. Além da área sensível em terra, também na parte marítima do corredor de acesso vigoram os constrangimentos associados à conservação da natureza, dado que na zona do corredor termina a MIBA, e toda a área envolvente está registada como potencial para a conservação.

Ambos os cenários 1 e 2 estão colocados em zonas potenciais para colocação de parques eólicos de estrutura fixa e zonas de alta densidade de sardinha e cavala, e consequentemente zonas de intensa actividade de pesca ao cerco. O cenário 2 é de todos o que se encontra a uma menor distância da ZP, como se pode observar na Tabela 4.2, dado que dista do limite Este da ZP – a batimétrica dos 30 m, apenas 4,5 km, ao invés dos outros dois cenários que se encontram a mais de 5 km da mesma.

Finalmente, o cenário 3 caracteriza-se por se encontrar quase exclusivamente numa zona onde o constrangimento é máximo, dado que parte da Praia da Vieira e atravessa toda a MIBA existente no local. A Praia da Vieira, embora seja considerada um núcleo urbano e portanto com infra-estruturas já criadas para a recepção de energia, apresenta algumas sensibilidades a nível da erosão costeira, dado que na zona, devido à foz do rio Liz, foram efectuadas obras de protecção costeira ao longo dos anos, como se pode ver no ponto 3.1.4.2. Assim, qualquer obra a ser efectuada, exige uma cuidada observação do plano de Praia da Vieira.

Na zona marítima do cenário 3, para além da MIBA, considerada área potencial de conservação da natureza, há também avistamentos de Botos que indiciam a existência de populações. À imagem do cenário 1 e 2, a área é considerada como potencial para instalação de parque eólicos, apresentando altas densidades de sardinha e cavala e por esse motivo com intensa pesca de cerco. Também é praticada a pesca de arrasto a crustáceos, contudo esta utilização uma vez que é nefasta às populações de crustáceos,



que se encontram já sobre exploradas, não se considerou uma restrição, mas sim uma possibilidade para criar zonas livres de pesca a crustáceos, podendo até alguma infra-estrutura a ser colocada no local vir a funcionar como recife artificial, potenciando o desenvolvimento das espécies na zona.

Dos cenários estudados, este último é o que se encontra mais longe da batimétrica dos 30 m e portanto mais distante da ZP. É o cenário mais dispendioso, tendo em conta que quanto maior a distância, maior terá de ser o cabo submarino a ser instalado.

Em última análise, o cenário 3, é o que permite um acesso mais central a todo o polígono, contudo é também o que se encontra a maior distância da ZP. Embora se encontre numa zona marítima onde a restrição é máxima; em terra, salvo as protecções costeiras existentes, dispõe de boas infra-estruturas para ligação à rede eléctrica. O cenário 1, embora não apresente constrangimentos de maior quer a nível marítimo, quer na parte terrestre, apresenta-se muito deslocado do centro da ZP, o que poderá induzir um menor aproveitamento da zona para instalação de dispositivos de aproveitamento de energia das ondas. O cenário 2 é dos três cenários o que implica o menor comprimento de cabo submarino, e o que se encontra mais central à ZP, indiciando um equilíbrio entre a zona disponível para instalação de equipamentos e facilidade de acesso ao cabo submarino. Este caminho encontra-se no limite da MIBA, não apresentando outros constrangimentos de maior na parte marítima. Na parte terrestre recai sobre uma área REN, onde não existem postos de transformação, pelo que as infra-estruturas de acesso à rede de distribuição teriam de ser criadas para o efeito.

Uma vez que o cenário 2 é de todos o mais curto, é sobre este que irá incidir a análise comparativa entre preços de infra-estruturas. Como já referido em 4.1, dado que se pretende apenas recriar a instalação da zona de demonstração de conceito, ou seja 20 MW será realizada uma análise comparativa entre uma infra-estrutura tipo Wave-Hub e EMEC. Assim, para o caso do EMEC serão considerados 4 cabos cada um com 5 MW até à batimétrica dos 30 m e para o Wave Hub será considerado um cabo submarino (de 20 MW) ligado a um TDU, que depois diverge para 4 PCUs. A ligação dos equipamentos a cada PCU será responsabilidade dos promotores.

Tabela 4.3 | Orçamentos para o cenário 2

	Wave Hub	EMEC
Cabo submarino (€)	500.000	2.000.000
Instalação cabo submarino (€)	543.101	2.172.402
Equipamentos (PCU, TDU) (€)	4.000.000	–
Total (€)	5.043.101	4.172.402

Como é visível pela Tabela 4.3, consideraram-se os valores estimados para cada infra-estrutura, com base nos dados apresentados na Tabela 3.3, em função das distâncias em causa. Os valores para o cabo submarino e para a sua instalação consideraram-se iguais. Nos dois casos foi considerada uma distância de 5 km para o cabo submarino, e para o Wave Hub em particular considerou-se que após o TDU, cada PCU estaria aproximadamente a 100 m de distância desse, e o cabo submarino correspondente foi adicionado à contagem geral do cabo.

A Figura 4.16 apresenta a infra-estrutura semelhante ao Hub e na Figura 4.17 encontra-se a representação de 4 cabos com estrutura em terra, semelhante ao EMEC.

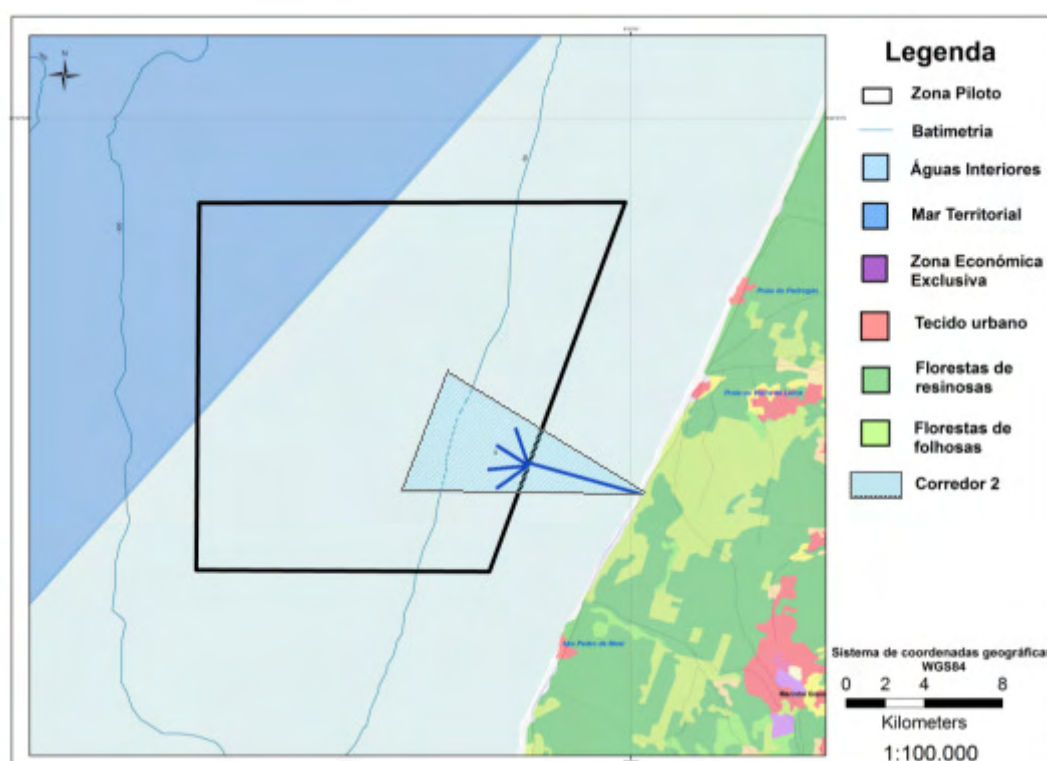


Figura 4.16 | Esquema da infra-estrutura semelhante ao Wave Hub

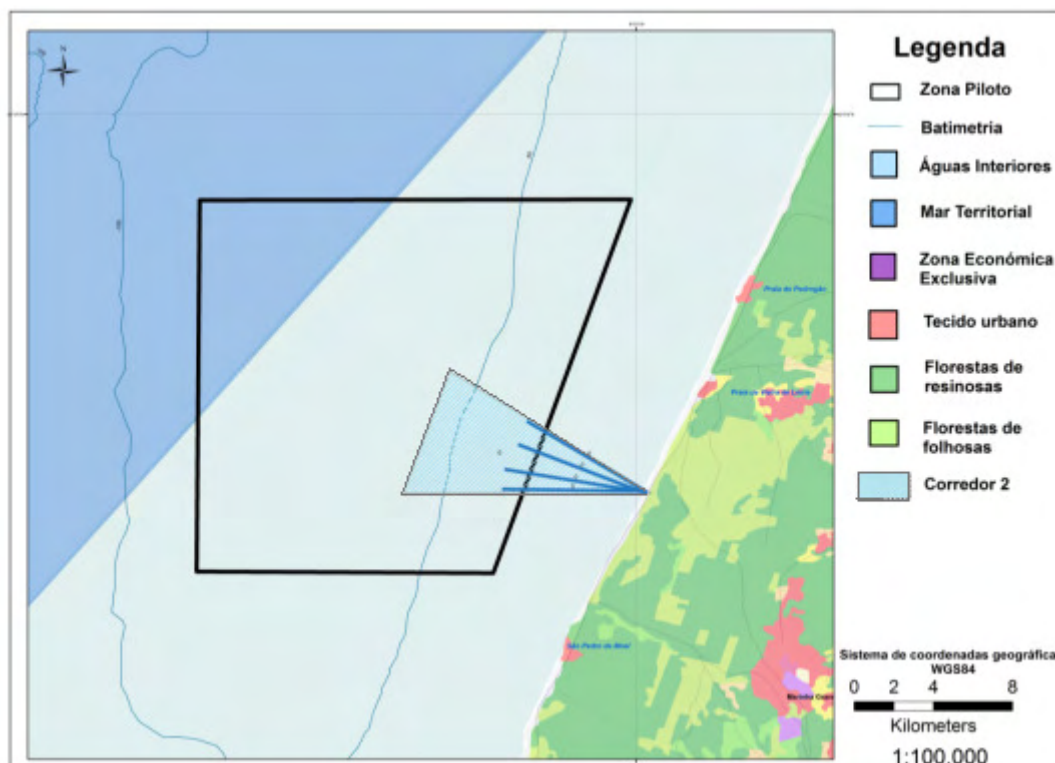


Figura 4.17 | Esquema da infra-estrutura semelhante ao EMEC

Da análise das duas imagens e da Tabela 4.3 é notório que embora a infra-estrutura em Hub seja mais cara permite que a transformação de energia ocorra em alto mar, sendo a energia transportada a uma tensão maior, implicando menos perdas de energia. A configuração semelhante à do EMEC, embora mais barata implica que a energia seja transportada a menor tensão, dado que cada cabo está configurado para suportar até 5 MW.

Para calcular a área afectada pela instalação do cabo, assume-se uma largura de 5 m para a instalação do cabo, ao longo de todo o percurso e uma área de 5 m<sup>2</sup> para cada equipamento TDU/PCU. Assim, na Tabela 4.4 apresentam-se as áreas afectadas nos dois casos. Novamente se nota que a topologia do EMEC é mais intrusiva pois ocupa uma área sensivelmente quatro vezes maior que o Wave Hub contando com o cabo e os seus equipamentos. Dado que cada cabo terá de ser instalado individualmente em 4 rotas diferentes, naturalmente os impactos decorrentes desta topologia serão significativamente maiores. Entre os grupos faunísticos mais afectados destacam-se a fauna bentónica que vê o seu habitat destruído em toda a área ocupada pelas estruturas.



**Tabela 4.4 | Área afectada pelo cabo submarino nas duas configurações possíveis**

	Wave Hub	EMEC
Cabo Submarino (m <sup>2</sup> )	25.000	100.000
Equipamentos (m <sup>2</sup> )	25	-
Total (m <sup>2</sup> )	<b>25.025</b>	<b>100.000</b>

Esta análise não contou com definições técnicas da subestação a criar em terra e os respectivos custos associados a cada configuração. Qualquer análise mais aprofundada deverá contar com estes elementos para uma efectiva comparação entre topologias.



## 5 Conclusões e Recomendações gerais

Face à crise energética mundial que se tem vivido nos últimos anos, com a oscilação dos preços dos combustíveis fósseis, numa economia e numa sociedade fundada sob a constante necessidade de energia, é urgente diversificar as suas formas de obtenção. Tendo em vista a urgência em aumentar a contribuição das fontes de energia renovável na produção de energia eléctrica e a diminuição da dependência externa energética, a EU lançou a Directiva nº 2001/77/CE, de 27 de Setembro, que foi depois adoptada pelos estados membros da EU.

Em Portugal foram lançadas a Estratégia Nacional para a Energia (Resolução do Conselho de Ministros nº169/2005 de 24 de Outubro) e a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (ENDS) (Resolução do Conselho de Ministros nº109/2007 de 20 de Agosto). Ambas as estratégias apontam como objectivos essenciais a promoção da produção de energia limpa, com base em fontes renováveis, a eficiência energética e o consumo sustentável de energia, apresentando o compromisso fundamental de produção de 39 % de electricidade com base em fontes de energia renovável, até 2010.

Um dos recursos energéticos em que Portugal aposta é a energia das ondas, tendo sido criada recentemente uma zona piloto exclusiva para o aproveitamento desta fonte de energia. O Decreto-Lei nº 5/2008, de 8 de Janeiro que regulamenta a ZP, contudo, não indica qual a localização do corredor de acesso que permitirá realizar a ligação eléctrica entre os parques de ondas dos promotores e a rede eléctrica pública.

---



É urgente uma definição da zona a afectar para realizar a ligação de terra à ZP, para que Portugal se mantenha na vanguarda da energia das ondas, com uma zona específica e com procedimentos facilitados para a instalação de dispositivos de aproveitamento de energia das ondas.

Assim, neste estudo, realizou-se uma caracterização da envolvente da zona piloto, com o intuito de estudar a melhor localização para a colocação das infra-estruturas de ligação eléctrica à ZP. Para tal, foi realizada uma análise às várias utilizações na área, por forma a prever quais seriam os maiores conflitos na zona.

Da análise dos constrangimentos, constatou-se que os maiores conflitos ocorrem com a conservação da natureza, dado que existe uma *Marine Important Bird Area*, facto que leva a que zona também esteja considerada como área com potencial para a conservação da natureza. Os restantes conflitos de utilização prendem-se com a exploração de outros tipo de energia, eólica *offshore* e prospecção petrolífera, e também com a actividade pesqueira, pois toda a zona apresenta altas densidades de sardinha e cavala, pelo que a pesca ao cerco é intensa e vital na área, para a subsistência das populações da região. Na parte terrestre foram também observados conflitos com as áreas classificadas como protegidas e as obras de protecção costeira. A adicionar a este facto, encontra-se claro, a rede eléctrica pública que só encontra subestações em zonas urbanas.

De acordo com a análise realizada e da leitura das matrizes de significâncias obtidas foi possível observar que a zona mais a norte da ZP se encontra na área da MIBA e portanto com constrangimentos significativos. Na parte terrestre encontram-se alguns constrangimentos, nomeadamente zonas REN, e a inexistência de ligação eléctrica próxima da zona costeira.

Os três cenários criados pretendem ser uma análise às alternativas possíveis na zona e uma discussão dos valores a manter e as prioridades a ter em conta. Dos três cenários o que se apresenta com menor grau de intrusão é o cenário 1, dado que se encontra a sul da ZP, não interferindo com nenhum constrangimento significativo. Uma vez que o corredor parte de São Pedro de Moel, este não encontra zonas protegidas, mas passíveis de sofrerem intervenções. A topografia da zona, com as arribas características contudo, poderá não ser das mais favoráveis.

O cenário 2 encontra-se no limite da MIBA, não apresentando outros constrangimentos de maior na parte marítima. Na parte terrestre recai sobre uma área REN, onde não

---



existem postos de transformação, pelo que as infra-estruturas de acesso à rede de distribuição teriam de ser criadas para o efeito.

Finalmente, o cenário 3 apresenta-se numa zona de conflito significativo, dado que atravessa toda a MIBA. Em terra encontra-se na Praia da Vieira, zona de praia, urbanizável e rede eléctrica facilmente acessível à imagem de São Pedro de Moel. Este é dos três cenários o que apresenta maior distância entre a ZP e a faixa costeira

Dos três cenários, o segundo é o que apresenta menor comprimento, pelo que foi utilizado para realizar a comparação entre as duas configurações possíveis: Wave Hub e EMEC.

A configuração Wave Hub, embora mais cara, permite a transformação da energia, para um nível de tensão mais elevado, em alto mar, o que provoca menores perdas de energia quando comparando com transporte de energia a menores tensões, como no caso do EMEC.

A nível de impactes ambientais a topologia do EMEC é considerada mais intrusiva, pois a área afectada é maior para os ecossistemas bentónicos que vêm o seu habitat destruído pela colocação de vários cabos submarinos. Também a qualidade da água é afectada pelo levantamento dos sedimentos do fundo do mar causados pelas sucessivas instalações de cabos submarinos (neste estudo prevêem-se quatro instalações ao longo de aproximadamente 5 km). A possibilidade de colocar vários cabos ao longo do corredor revela-se nefasta para os ecossistemas intertidais que vêm o seu habitat afectado principalmente na fase de instalação dos cabos, numa área bem maior do que na passagem de apenas um cabo. Finalmente também a nível dos campos electromagnéticos os impactes serão obviamente maiores.

A análise realizada neste estudo baseou-se na informação já existente sobre a zona e passível de ser recolhida em tempo útil. Assim, foi possível seleccionar quais as zonas onde os constrangimentos para a colocação do cabo submarino são maiores, avaliar quais os locais mais adequados para a colocação da infra-estrutura de acesso, e realizar uma breve abordagem às configurações de ligação à rede mais adequadas ao projecto.

Para a escolha efectiva dos cenários é essencial ter em conta os constrangimentos técnicos de cada uma das topologias, nomeadamente características técnicas dos equipamentos, quer em mar, quer da subestação em terra.

Seguidamente apresentam-se algumas recomendações a ter em conta em estudos futuros, tendo por base a análise efectuada nesta dissertação, nomeadamente:

- Deverá ser realizada uma análise cuidada aos planos de Praia da Vieira e de São Pedro de Moel, para averiguação da melhor localização de passagem do cabo na zona costeira.
- Deverão ser tidos em conta informações mais precisas sobre a geologia do fundo do mar na zona, à qual não foi possível aceder durante o tempo de execução deste trabalho. Características geológicas em maior pormenor do fundo do mar são essenciais para definir qual o melhor percurso a utilizar, para a definição do cabo submarino, seu tipo de revestimento e de protecção e modo de colocação no solo.
- Paralelamente e antes da definição da localização deverá ser realizado um estudo mais aprofundados da ecologia, nomeadamente aos habitats intertidais e ao ecossistema marinho, à arqueologia passível de existir no local, e finalmente, às utilizações económicas nas imediações da zona de estudo. Só assim, poderá ser possível prever os impactes advindos desta infra-estrutura, e assim definir a localização menos intrusiva da mesma.
- Sugere-se ainda, dado o carácter inovador deste projecto que sejam realizadas monitorizações ao longo do tempo para aferir os reais impactes da infra-estrutura instalada, a nível de impactes ambientais nos ecossistemas bentónicos, na ictiofauna, nos habitats intertidais, nos mamíferos marinhos e nas aves. Propõe-se finalmente uma cuidada análise aos campos electromagnéticos e sua influência na fauna marinha.



## Bibliografia de Referência

- Afonso-Dias, M., Sousa, P., Fernandes, P., Ribeiro, C., Elias, L., Pinto, C., Pereira, L., 2007. A pequena pesca na costa continental portuguesa em 2005. Programa nacional de recolha de dados da Pesca. Universidade do Algarve, Direcção – Geral das Pescas e Aquicultura. 40 pp.
- Albuquerque, P.M., 1954. Carta Ecológica de Portugal
- Aurora, 2005. EMEC Tidal Test Facility Fall of Warness Eday. Environmental Statement. Aurora Environmental 135 pp.
- AWEA, 2009. [www.awea.org](http://www.awea.org) (última visualização a 28.10.2009)
- AW-Energy, 2009. [www.aw-energy.com](http://www.aw-energy.com) (última visualização a 20.11.2009)
- BERR, 2008. Review of Cabling Techniques and Environmental Effects Applicable to the Offshore Wind Farm Industry – Technical Report. 159 pp.
- Candelária, A., 2008. Assessing the development of wave energy in Portugal, with GIS support. Tese de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
- Carl Bro, 2002. Marine Energy Test Centre, Environmental Statement. Carl Bro Group Ltd. 63 pp.
- CNADS, 2001. Reflexão sobre o desenvolvimento sustentável da Zona costeira. Comissão Nacional de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 53 pp.
- Coelho, C., 2005. Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- CRES, 2002. Wave Energy Utilization in Europe: Current Status and Perspectives. Centre for Renewable Energy Sources (CRES). 28 pp.
- DGEG, 2009. [www.dgge.pt/dpep/pt/history\\_pt.htm](http://www.dgge.pt/dpep/pt/history_pt.htm) (última visualização a 28.10.2009)
- DGPA, 200. Plano Estratégico Nacional para a Pesca, 2007–20013. MADRP–DGPA, 2007
-



- Dias, J. A., 2003. Portugal e o Mar: Importância da Oceanografia para Portugal. Universidade do Algarve. 16 pp.
- Dias, J., Ferreira, O., Pereira, A., 1994. Estudo sintético de diagnóstico da geomorfologia e da dinâmica sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré, ESAMIN. pp 55–240).
- EC, 2001. Green Paper: Towards a European strategy for the security of energy supply European Commission. 75 pp.
- EDP, 2005. Mapa da rede de distribuição de média e alta tensão de Portugal
- EMEC, 2009. [www.emec.co.uk](http://www.emec.co.uk) (última visualização a 20.11. 2009)
- EPRI, 2005. Offshore Wave power in the US: Environmental issues. Electric Power Research Institute (EPRI). 75 pp.
- EREC, 2008: Energy [r]evolution, a sustainable global energy outlook, Greenpeace International and European Renewable Energy Council (EREC).
- ETP, 2008. Energy Technologies Perspectives, Scenarios and Strategies to 2050, OECD/IEA, 2008, 650 pp.
- Guerreiro, C., Bizarro, A., Duarte, J., Taborda, R., 2006. Os Enigmáticos Canhões Submarinos da Plataforma Continental Portuguesa. Resultados preliminares do projecto científico DEEPCO (Deep Sedimentary Conduits of the West-Iberian Margin, Anais do Instituto Hidrográfico, n.º 18. pp169–182
- Halcrow, 2005. Wave Hub Technical Feasibility study. Final Report. South West of England Regional Development Agency. 80 pp.
- Halcrow, 2006. Wave Hub, Environmental Statement. South West of England Regional Development Agency. 268 pp.
- Holden, G., 2009. How to make a cable; Prysmian Cables and Systems.
- Huertas-Olivares, C., Patricio, S., Neumann, F., Sarmiento, A., 2006. "Impacto Ambiental de la Energia das Ondas"; Congresso Ibérico sobre Gestão e Planificação das Águas.
-



- Huertas-Olivares, C., Neumann, F., Sarmiento, A., 2007. Environmental management recommendations for the wave energy Portuguese Pilot Zone. 7<sup>th</sup> European Wave and Tidal Energy Conference, Porto, Portugal.
- I.M, 2004a. Características da Agitação Marítima, Costa de Portugal Continental, Instituto de Meteorologia. 7 pp.
- I.M, 2004b. Características do Clima da Costa de Portugal Continental, Instituto de Meteorologia. 29 pp.
- IEA-OES, 2006. Review and analysis of ocean energy systems: development and supporting policies. International Energy Agency – Ocean Energy Systems (IEA-OES). 59 pp.
- IH, 1990. Roteiro da Costa de Portugal, Instituto Hidrográfico. pp. 3–19.
- INAG, 2009. [www.inag.pt](http://www.inag.pt) (última visualização a 20.11.2009)
- IPCC, 2007. Climate Change, Synthesis Report, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. 22 pp.
- Kennett, J.P., 1982. Marine Geology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- NEEDS, 2008. New Energy Externalities Developments for Sustainability – Deliverable n° 16.1 – RS Ia. “Report on technical specification of reference technologies (wave and tidal power plant”, 2008. 59 pp.
- New Energy Focus, 2009. £1.2m Wave Hub onshore works contract put out to tender, New Energy Focus, 06.04.2009
- Oceanlinx, 2009. [www.oceanlinx.com](http://www.oceanlinx.com) (última visualização a 20.11.2009)
- Ospar Comission, 2006. An Overview of the environmental Impact of Non-Wind Renewable Energy Systems in the Marine Environment. Biodiversity Series, 2006. 12 pp.
- Pontes, M.T., Falcão, A., 2001. Ocean Energies: Resources and utilization. 18<sup>th</sup> World Energy Conference, London, 19 pp.
-



- Ribeiro, M, 2008. Estudo da Dinâmica sedimentar da Cabeceira do Canhão Submarino da Nazaré. Curso de Especialização Pós Graduada em Geologia Aplicada. Museu Nacional de História Nacional, Instituto Hidrográfico
- Safesea, 2009. Safesea, Sustentabilidade das artes das pescas locais e promoção de um mar seguro para cetáceos. Safesea Organisation.
- Sarmiento, A., Cruz, J., 2004. Energia das Ondas: Introdução aos Aspectos Tecnológicos, económicos e ambientais. Instituto do Ambiente. 61 pp.
- Sarmiento, A., La Regina, V., Neumann, F., 2006. Wave Energy Development: Technology, Economical and Political Viewpoints.
- Sarmiento, A., Neumann, F., Brito-Melo, A., 2005. Non-technical barriers to large-scale wave energy utilization, IST, IST-Maretec.
- SEI, 2009. [www.sei.ie](http://www.sei.ie) (última visualização a 5.12.2009)
- Sorensen, H.C., Hansen, L. K., Hansen, R., 2003. Environmental Impact: European Thematic Network on Wave Energy. Final Report WP 3.3 NNE5-1999-00438. 50 pp.
- Spea, 2008. Áreas Importantes para as Aves Marinhas em Portugal, Spea. 260 pp.
- The Carbon Trust, 2005. Oscillating Water Column Wave Energy Converter Evaluation report. The Carbon Trust. 194 pp.
- Thorpe, T.W., 1999. An overview of Wave Energy Technologies: Status, performance and costs. Wave Power: Moving towards Commercial Viability, 30 November 1999, Brodway House, Westminster, London. 16 pp.
- Wave Dragon, 2009. [www.wavedragon.net](http://www.wavedragon.net) (última visualização a 20.11.2009)
- Wave Energy Centre, 2009 – Energia das Ondas. Estado, desenvolvimento e perspectivas. Wave Energy Centre.
- WavEc, 2004. Potencial e Estratégia de Desenvolvimento da Energia das Ondas em Portugal, Wave Energy Centre, Direcção Geral de Geologia e Energia. 72 pp.
- World Energy Outlook, 2008: World Energy Outlook, Fact Sheet: Global Energy Trends. OECD/IEA, 2008. 6 pp.
-



## Webgrafia

<http://www.iea-oceans.org/>

<http://www.wavec.org/>

<http://www.wavehub.co.uk/>

<http://www.carbontrust.co.uk>

<http://www.oreg.ca/>

<http://www.aw-energy.com/>

<http://www.newenergyfocus.com/>

<http://www.offshorewindfarms.co.uk>

[www.epri.com/](http://www.epri.com/)





## **Anexos**



## Anexo A | Actividades de prospecção de petróleo na costa portuguesa

Apresentam-se nas figuras seguintes o mapeamento das actividades de prospecção petrolífera realizada em Portugal. Na Figura A.1 encontram-se as campanhas realizadas para levantamentos sísmicos de reflexão, levantamentos gravimétricos e magnéticos e também a localização das sondagens realizadas. Na Figura A.2 pode-se visualizar os consórcios, na sua maioria estrangeiros a que foram atribuídas áreas concessionadas para prospecção de petróleo.

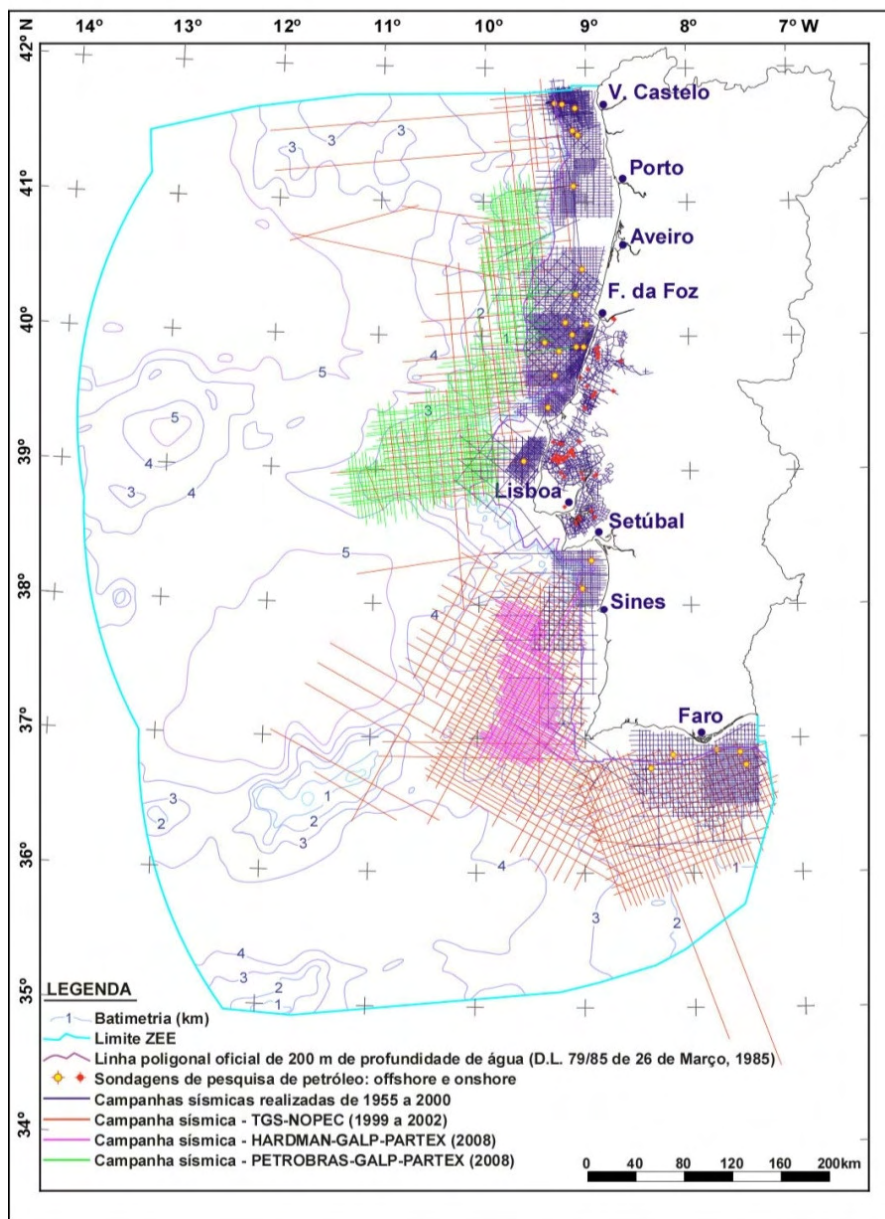


Figura A.1 | Actividade de pesquisa de petróleo em Portugal (DGEG, 2009)

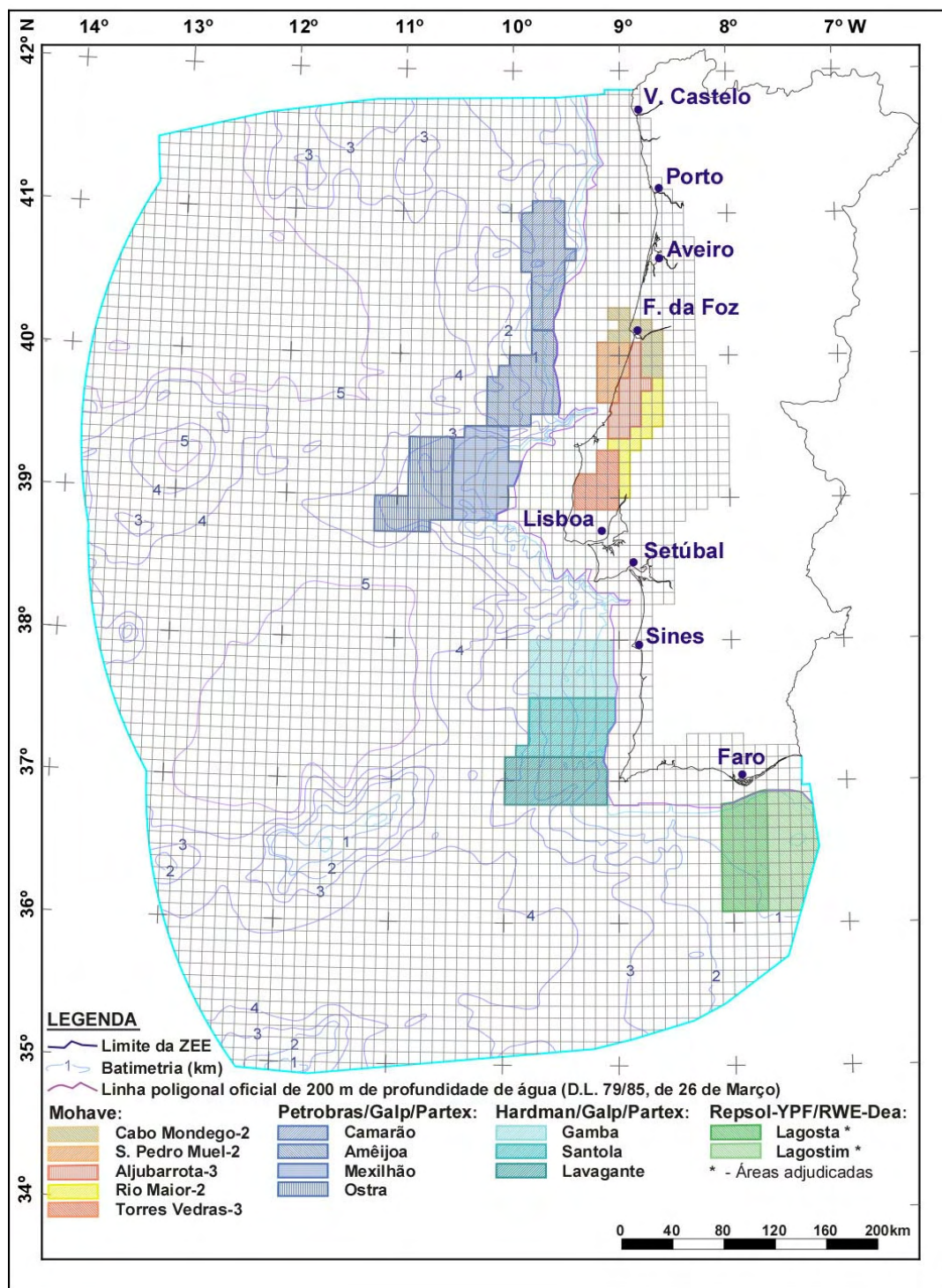


Figura A.2 | Actividade de pesquisa de petróleo em Portugal (DGE, 2009)



## Anexo B | Matriz das variáveis em conflito

Apresentam-se seguidamente as matrizes criadas para cada variável indicada na Tabela 4.1. À imagem das matrizes apresentadas em 4.3, optou-se por utilizar a escala 1:150000, para facilitar a visualização. Novamente, as figuras apresentam a zona piloto dividida numa matriz. Consoante a variável em análise, e o seu grau de significância a área ocupada apresenta uma determinada cor (Amarelo: Área com algumas restrições; Laranja: Área em que existem restrições significativas, em que a convivência com o projecto é difícil; Vermelho: Área em que o conflito é máximo).

Relativamente às áreas com potencial para a prospecção petrolífera, uma vez que afecta igualmente toda a zona de estudo optou-se por não se representar na matriz de conflitos com o projecto. A mesma filosofia foi adoptada para a densidade da cavala, pois toda a zona da ZP e a faixa que se situa entre a ZP e terra, onde poderá ser instalado o corredor, apresentam a mesma densidade desta espécie.

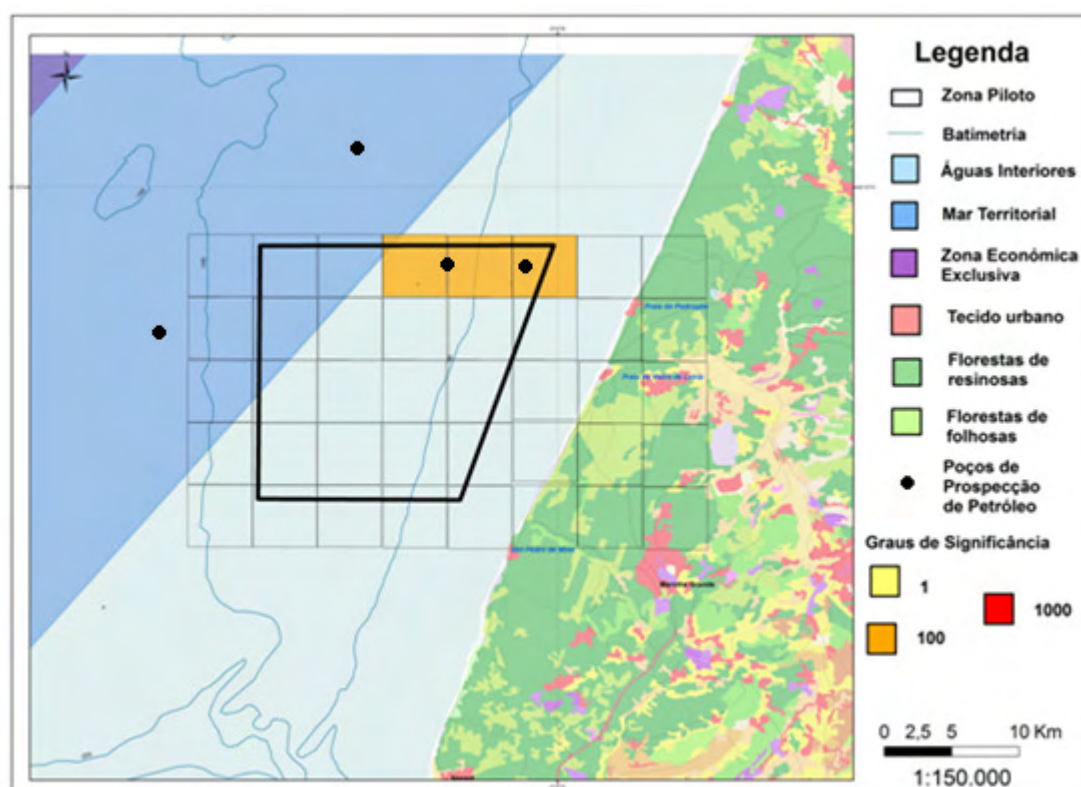


Figura B.1 | Matriz de conflitos com os poços de prospecção de petróleo



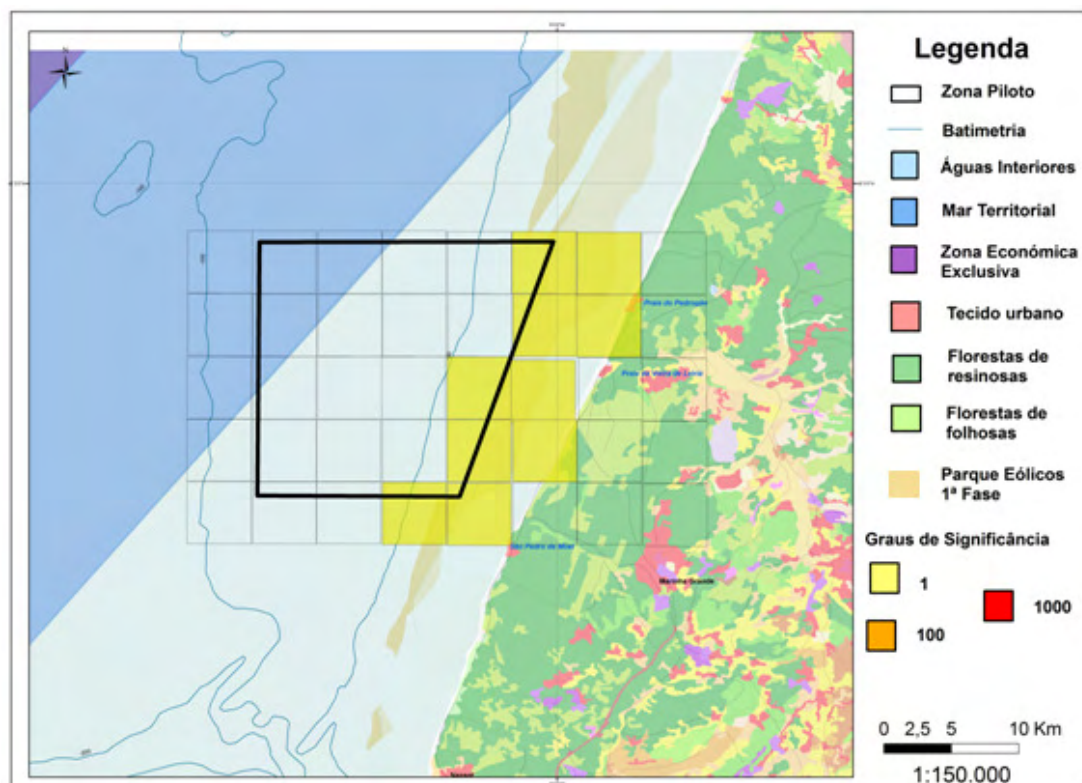


Figura B.2 | Matriz de conflitos com a Eólica *Offshore*

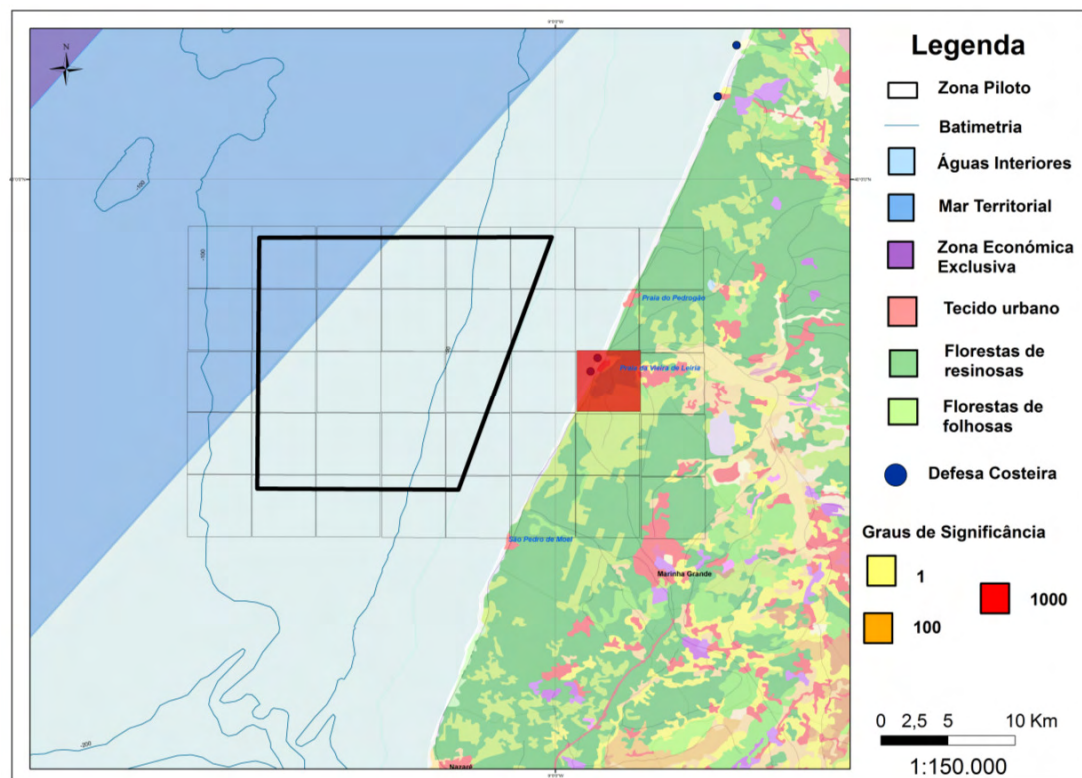


Figura B.3 | Matriz de conflitos com a Defesa Costeira

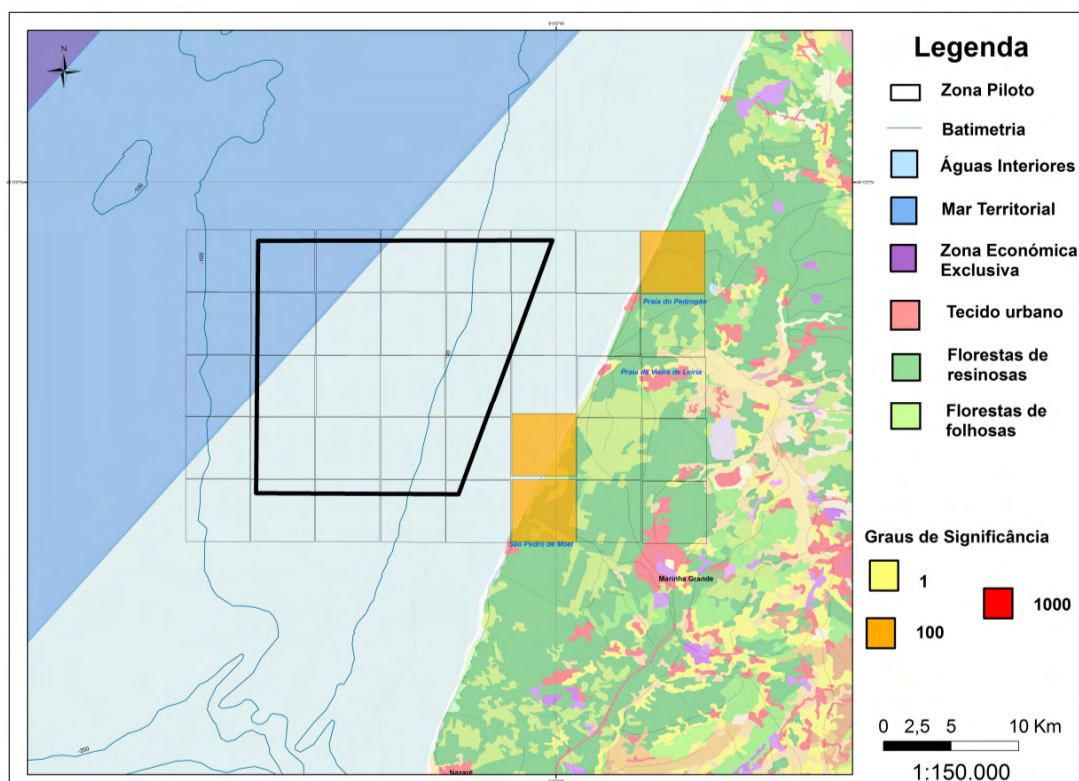


Figura B.4 | Matriz de Conflitos com áreas REN

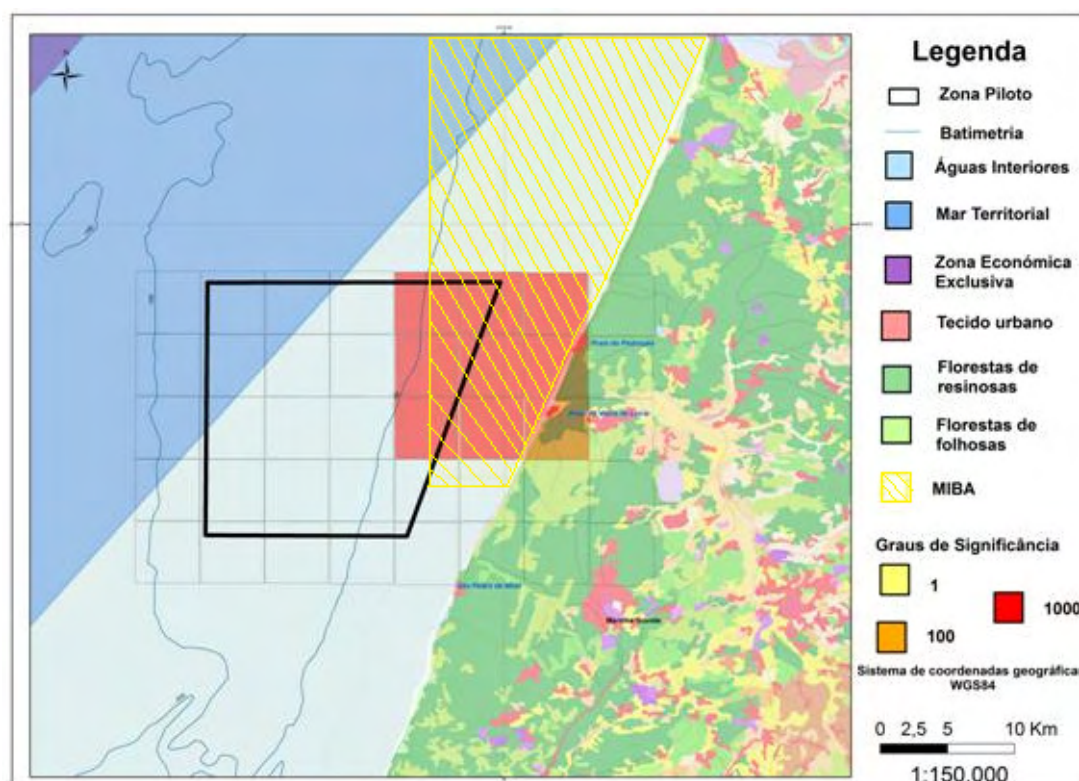


Figura B.5 | Matriz de conflitos com a MIBA



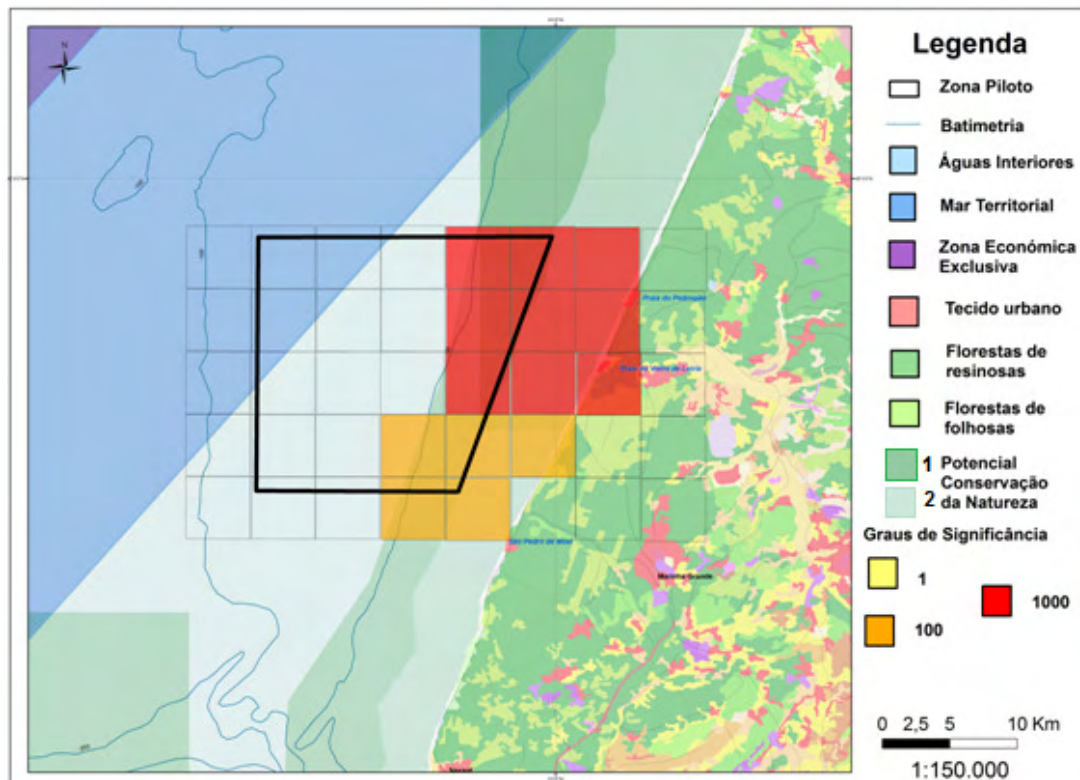


Figura B.6 | Matriz de conflitos com as áreas com potencial para Conservação da Natureza

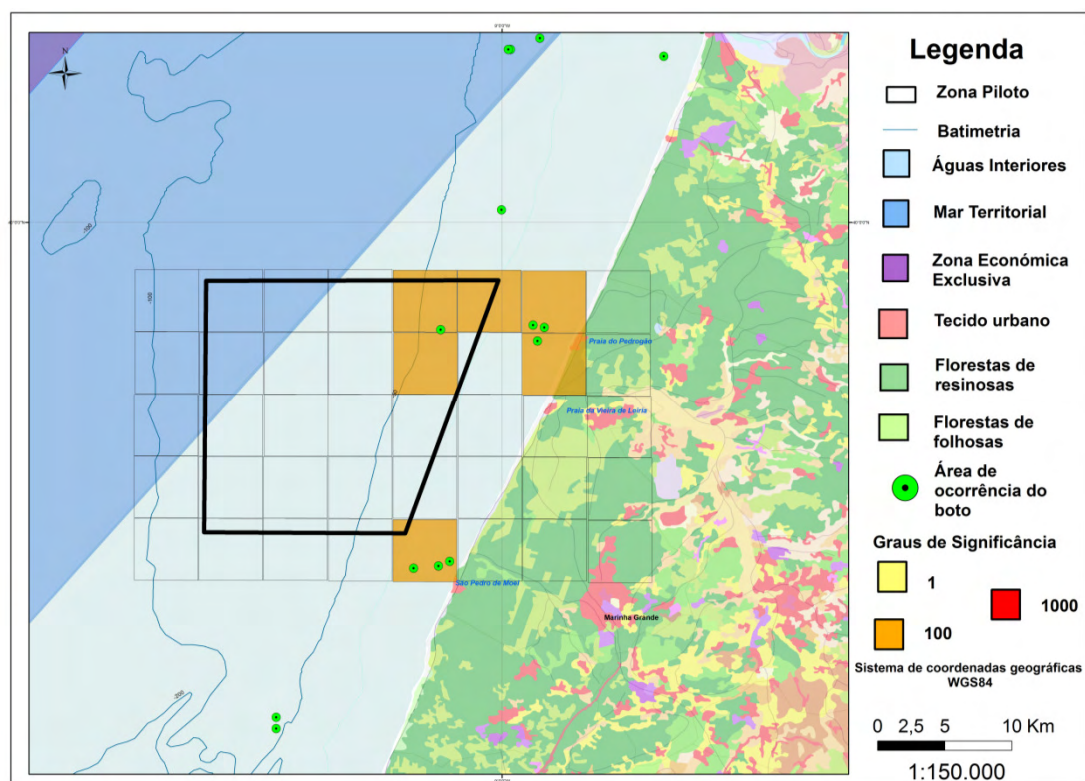


Figura B.7 | Matriz de conflitos com as áreas de ocorrência do Boto

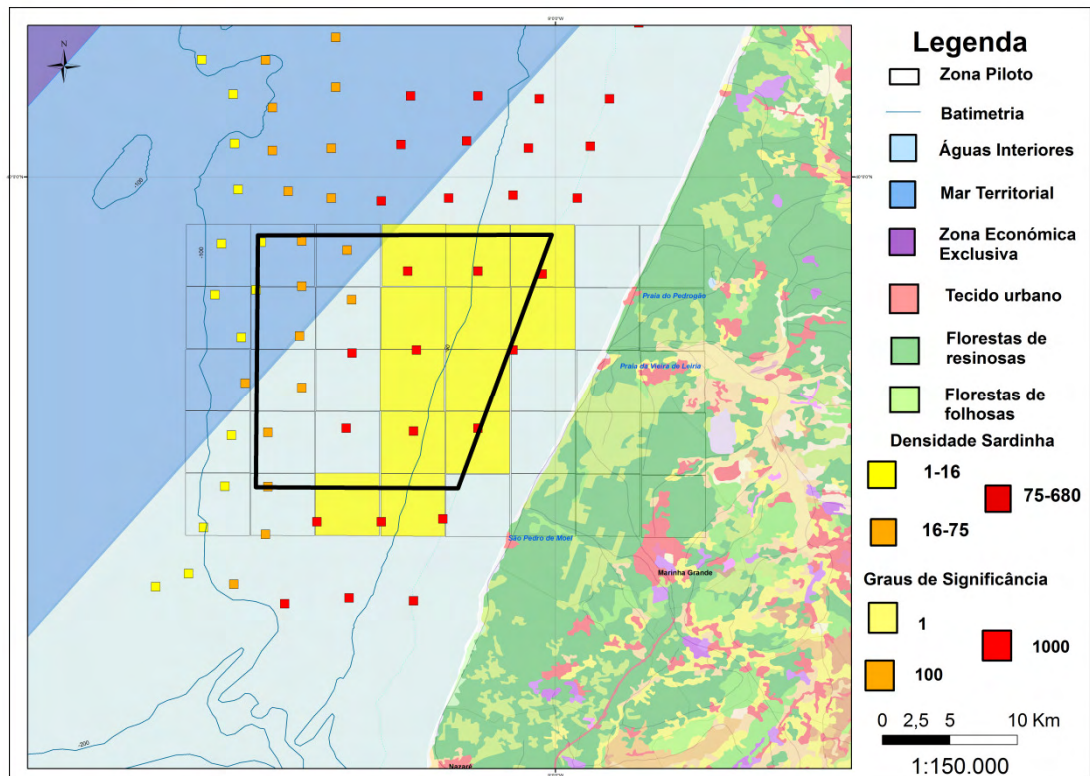


Figura B.8 | Matriz de conflitos com a população de Sardinhas

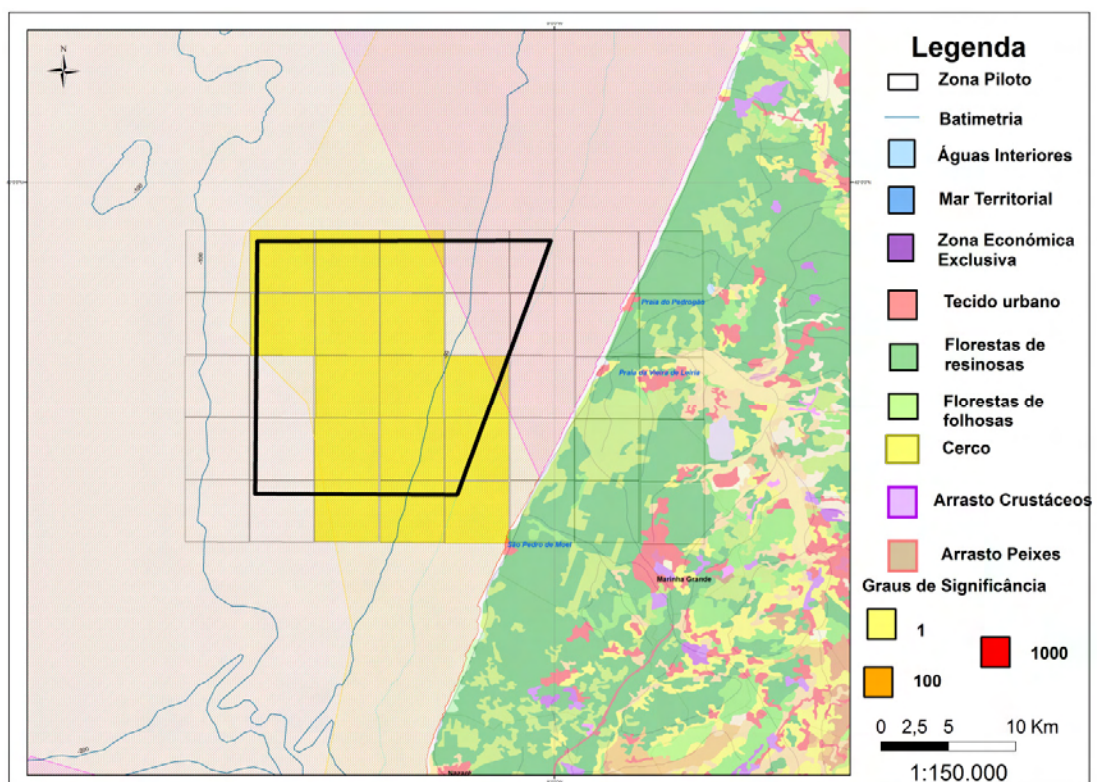


Figura B.9 | Matriz de conflitos com os tipos de pesca